



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 H01L 25/04	A1	(11) 国際公開番号 WO98/12748
		(43) 国際公開日 1998年3月26日(26.03.98)

(21) 国際出願番号 PCT/JP96/02678

(22) 国際出願日 1996年9月18日(18.09.96)

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)  
株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)(JP/JP)  
〒101 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)

井上広一(INOUE, Hirokazu)(JP/JP)

〒319-11 茨城県那珂郡東海村南台9-6 Ibaraki, (JP)

桑原平吉(KUWABARA, Heikichi)(JP/JP)

〒300 茨城県土浦市小松1-33-11 Ibaraki, (JP)

鈴木 敏(SUZUKI, Osamu)(JP/JP)

〒315 茨城県新治郡千代田町稲吉南2-3-14-202 Ibaraki, (JP)

山田一二(YAMADA, Kazuji)(JP/JP)

〒316 茨城県日立市森山町三丁目8番32号 Ibaraki, (JP)

(74) 代理人

弁理士 小川勝男(OGAWA, Katsuo)

〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号

株式会社 日立製作所内 Tokyo, (JP)

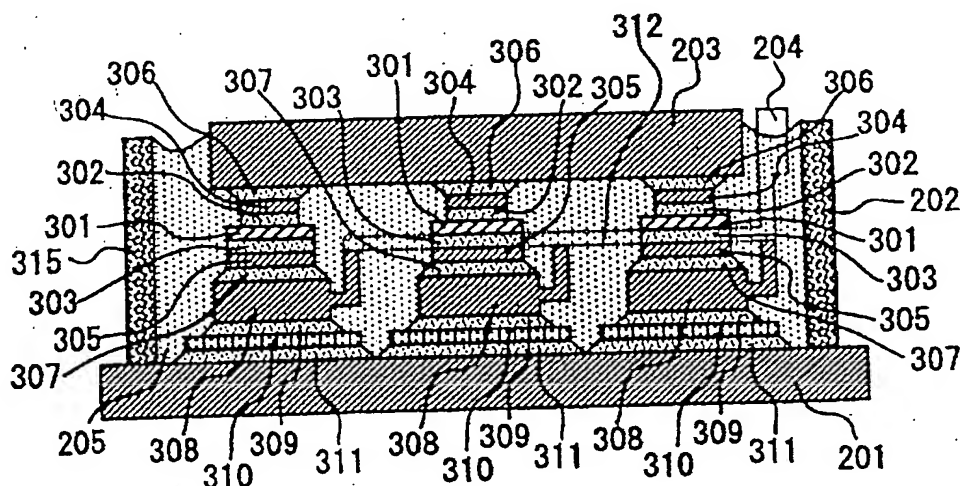
(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, I.U, MC, NL, PT, SF).

添付公開書類

国際調査報告書

(54)Title: JUNCTION SEMICONDUCTOR MODULE

(54)発明の名称 接合型半導体モジュール



(57) Abstract

A first radiating plate is fixed on one major surface of a power semiconductor device. An insulating board is fixed to the other major surface, and a second radiating plate to the insulating board. An insulating and non-pressurized semiconductor module in which the heat is radiated from the two major surfaces of a power semiconductor device is provided.

(57) 要約

第1の放熱板が、電力用半導体素子の一方の主面に固着される。他方の主面には絶縁基板が固着され、さらに絶縁基板には第2の放熱板が固着される。本発明によれば、電力用半導体素子の両主面から熱が放出される絶縁型かつ非加圧型の半導体モジュールが実現される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に記載されたPCT加盟国を特定するために使用されるコード (参考情報)

AL	アルバニア	ES	スペイン	LK	スリランカ	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FR	フランス	LS	レソト	SI	スロベニア共和国
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SK	スロバキア共和国
AZ	アゼルバイジャン	GE	グルジア	LU	ルクセンブルグ	SL	シエラレオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GH	ガーナ	LV	ラトヴィア	SN	セネガル
BB	バルバドス	GN	ギニア	MC	モナコ	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GM	ギニアビサウ	MD	モルドヴァ共和国	TD	チャド
BG	ブルガリア	GW	ギニアビサウ	MG	マダガスカル	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MK	マケドニア共和国	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	ML	マリ	TM	トルクメニスタン
BY	ベラルーシ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	TR	トルコ
CA	カナダ	IE	アイルランド	MR	モリタニア	TT	トリニダード・トバゴ
CC	中央アフリカ共和国	IL	イスラエル	MW	マラウイ	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	IS	アイスランド	MX	メキシコ	UG	ウガンダ
CH	スイス	IT	イタリア	NE	ニジェール	US	米国
CI	コート・ジボアール	JP	日本	NL	オランダ	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	KE	ケニア	NO	ノルウェー	VN	ウイエトナム
CN	中国	KG	キルギスタン	NZ	ニュージーランド	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	KP	朝鮮民主主義人民共和国	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ共和国	KR	大韓民国	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	LC	セントルシア	RU	ロシア連邦		
EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SD	スーダン		

## 明 細 書

## 接合型半導体モジュール

## 技術分野

本発明は、少なくとも1個の電力用半導体素子を樹脂ケースに内蔵し、該樹脂ケースの底面及び上面に放熱板を備えた接合型半導体モジュールに関する。

## 背景技術

電力用半導体パッケージは、内部の半導体素子と外部の取り付け面（底面）とが電氣的に絶縁されている絶縁型パッケージと、底面が内部の半導体素子と電氣的に接続している非絶縁型パッケージに分類できる。この両者では、直列接続や並列接続をする際に、パッケージの電位を配慮する必要がない絶縁型の方が使い勝手が良い。べつの分類として、加圧型と非加圧型（端子型、ねじ止め型）がある。加圧型は、半導体パッケージ内部で圧接構造を採る。この両者では、パッケージに外部から圧力を加える構成が不要な非加圧型の方が使い勝手が良い。すなわち、この二つの分類の組み合わせの中で、最も使い勝手が良いのは、絶縁型の非加圧型パッケージである。

電力用半導体素子では、扱う電圧及び電流が大きいため、副次的に発熱量が大きくなる。電力用半導体素子では、半導体主接合をシリコンのバルク内に設けて電流を縦方向に流すことにより、シリコンの全体を有効に利用している。圧接型パッケージでは、圧接電極が半導体を両面から押さえつけるので、特別の工夫なしに両面から放熱できる。圧接型パッケージを除くと、シリコン内で発生した熱を、一般にパッケージの底

面、すなわち半導体素子の片面からのみ外部に放出するので電氣的な面に比べて利用効率が低い。樹脂を利用すれば、半導体素子の両面から熱を逃がすことは容易である。一例は、特開平6-252299号公報に開示されている。しかし、前述したように、電力用半導体素子では発熱量が大きいので、熱伝導率が金属より2桁も小さい樹脂を利用することはできない。また、大電流を扱うため電極面積が大きく、特開平5-121601号公報に開示されているように半導体素子表面に、放熱のための特別の構造を付加することも難しい。

パッケージ内部では両面放熱に適した圧接型の実装構造でありながら、外部からパッケージを加圧する必要がない絶縁型パッケージの例が、米田他“GTOサイリスタパワーブリック”三菱電機技報 Vol. 67 No. 9 PP. 85-89に開示されている。この例のように、パッケージ内部の素子数が少ない（この例では2個）場合には、内部を圧接構造にすることも可能である。しかし、素子数が多くなると、圧接型パッケージで、均一な加圧を行うことが困難になる。比較的多くの素子を搭載した例は、特開昭52-113681号公報に開示されている。

トランジスタ、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 等では、サイリスタ、GTO (Gate Turn Off Thyristor) 等に比べて一つの素子の大きさに限界があり、電流容量を増すために多数の素子を実装したモジュール構造を採用しなければならない。多数の素子を搭載した、絶縁型の非加圧型モジュールの内部構造は、例えば、特開昭63-226045号公報に開示されるように、金属製のベース板に接着された絶縁基板の上に半導体素子を搭載し、ワイヤボンディングとはんだ付け技術で実装する構造が通例であり、サイリスタ、GTO等でも、多数の素子を実装してモジュールにする場合にも、ワイヤボンディングとはんだ付け技術

で実装する構造を採用することが多い。

以上述べたように、電力用半導体素子の搭載個数が多くなっても実装可能な内部構造を有する絶縁型モジュールで、半導体素子の両面から放熱する、電力用半導体素子に適用できるモジュール構造は開示されていない。

本発明の目的は、半導体モジュールの底面と上面から放熱できる、絶縁型の非加圧型である接合型半導体モジュールを提供することにある。

#### 発明の開示

本発明による接合型半導体モジュールは、絶縁型であると同時に、電力用半導体素子の両面に配置される第1及び第2の放熱板から電力用半導体素子が発生する熱を放出する。

具体的には、本接合型半導体モジュールは、複数の電力用半導体素子と、これら電力用半導体素子が金属を含む接合材を介して固着される複数の絶縁基板と、電力用半導体素子に金属を含む接合材を介して固着される少なくとも1個の第1の放熱板と、前記複数の絶縁基板に金属を含む接合材を介して固着される少なくとも1個の第2の放熱板とを有する。

本発明による接合型半導体モジュールは、好ましくは、電力用半導体素子を収納する樹脂ケースを有する。第1の放熱板はこの樹脂ケースの上面に位置し、第2の放熱板は樹脂ケースの底面に位置する。

なお、本発明による接合型半導体モジュールにおいては、IGBT、パワーMOSFET、パワートランジスタ、およびサリイスタなど各種の電力用半導体素子が適用できる。放熱板の材料としては、銅、銅合金、アルミニウム、及びアルミニウム合金など各種の金属材料が適用できる。さらに、接合材としては、半田、銀ろうなど、金属を含む各種の接合材を

適用できる。

本発明によれば、電力用半導体素子の両面に配置される第1及び第2の放熱板から電力用半導体素子が発生する熱を十分にモジュール外部へ放出できる。従って、大容量でかつ使い勝手のよい絶縁型である、非加圧型すなわち接合型の半導体モジュールが実現される。

本発明のその他の特徴は、以下の詳細な説明により明らかになるであろう。

#### 図面の簡単な説明

- 第1図は、本発明によるIGBTモジュールの斜視図。
- 第2図は、本発明による半導体モジュールの斜視図。
- 第3図は、本発明による半導体モジュールの断面図。
- 第4図は、本発明による半導体ユニットの斜視図。
- 第5図は、本発明による半導体モジュールの正面図。
- 第6図は、従来技術による半導体モジュールの正面図。
- 第7図は、本発明による半導体モジュールの熱の流れの模式図。
- 第8図は、本発明による半導体モジュールの一部断面斜視図。
- 第9図は、本発明による半導体モジュールの熱膨張の模式図。
- 第10図は、第1図の実施例におけるIGBTユニットの断面模式図。
- 第11図は、第1図の実施例におけるフリーホイールダイオードユニットの断面模式図。
- 第12図は、第1図の実施例におけるIGBTチップの斜視図。
- 第13図は、本発明によるIGBTモジュール製造工程の説明図。
- 第14図は、本発明による他のIGBTモジュールの斜視図。
- 第15図は、第14図のIGBTモジュールの外部電極一部断面斜視

図。

第 16 図は、第 14 図の IGBT モジュール製造工程の説明図。

第 17 図は、本発明による他の IGBT モジュールの斜視図。

第 18 図は、第 17 図の実施例における半導体ユニットの断面図。

第 19 図は、本発明による他の半導体ユニットの断面図。

第 20 図は、本発明による別の IGBT モジュールの斜視図。

第 21 図は、本発明による別の IGBT モジュールの斜視図。

第 22 図は、本発明によるインバータ装置の斜視図。

第 23 図は、本発明によるさらに別の IGBT モジュールの斜視図。

第 24 図は、第 23 図の IGBT モジュールの断面図。

第 25 図は、第 23 図の IGBT モジュール製造工程の説明図。

## 発明を実施するための最良の形態

### (実施例 1)

まず、本発明による一実施例により、発明の主たる特徴を説明する。

第 2 図及び第 3 図に、本発明による接合型半導体モジュールの一実施例を示す。本発明のモジュールは、底面が金属であり、側面が電気絶縁物である樹脂ケースで構成され、上面には、いくつかに分かれた金属

(外部電極端子)があり、その金属と樹脂ケースとの間を樹脂で埋めている。底面の金属ベース 201 は内部の回路から電氣的に絶縁されている。金属ベース 201 の第 1 の機能は、モジュールを機械的に支えることであり、第 2 の機能は、モジュール内部を外気から保護することである。金属ベース 201 の第 3 の機能は、モジュール内部で発生する熱をモジュール外に導くことである。樹脂ケース 202 には、モジュールの内部と外部を電氣的に絶縁すること、モジュール内部を外気から保護す

ること、及び外部電極端子（上面の金属）と金属ベース201との絶縁距離を確保することの3つの機能がある。

本発明の半導体モジュールは上面に大きな面積を占める外部カソード電極203を備える。外部カソード電極203及び外部アノード電極204は、モジュール内部の回路に電氣的に接続する端子である。第2図及び第3図では外部カソード電極203及び外部アノード電極204のみを示し、図面を単純にするため、ゲート電極等を省略した。本発明の半導体モジュールの外部カソード電極203は、従来の半導体モジュールの端子より大きい。電氣的な要求だけであれば、外部アノード電極204と同じ大きさで良い。両者を流れる電流が等しいからである。外部カソード電極203を大きくしたのは、外部カソード電極203に、金属ベース201と同じく、モジュール内部で発生した熱を外部に導く機能を持たせるためである。熱を逃がすためには、電気のみを流す場合より大きい伝熱面積を必要とする。

第3図に示すように本発明の半導体モジュール内部には、同じ形状をしたユニットが並ぶ。第3図には、3つのユニットを示す。各ユニットは、底面に電気絶縁物で熱伝導率の高いセラミックス絶縁板310を備え、上面に電気及び熱を良好に伝える金属製のチップ上緩衝板304を備える。各ユニットは熱を上下方向に伝えるが、電気を下向きに伝えない構造である。

本発明の半導体モジュールは複数個のユニットを金属ベース201と外部カソード電極203で挟む形態である。従来のワイヤボンディングを採用した半導体モジュールは、モジュールの下には一枚のベースがあるが、上には大きな部材はない。ワイヤボンディングを採用したモジュールに比べると、本発明によるモジュールの内部構造は上下方向の対称



性が高い。このような上下方向の対称性は、上下に熱を伝導する構成上の特徴である。金属ベース 201 に比べカソード電極 203 は面積が小さいので、放熱効果は金属ベース 201 より小さい。しかし、金属ベース 201 と同じ、熱伝導率の高い材質(例えば、銅, Al, 複合金属等)を使用し、しかも、通常の電極に比べ数倍の厚さにしているので、上下方向及び水平方向の熱伝導が優れている。従って、外部カソード電極 203 から、有効に熱を逃がすことができる。

第4図を用いて、各半導体ユニットの構造を説明する。第4図に示す1つの半導体ユニットは底面にセラミックス絶縁板 310 を、上面にチップ上緩衝板 304 を備えた上下方向の積層構造である。上下方向には、電氣的にも熱的にも伝導経路を絞り込む要因がない。1つの半導体ユニットは底面のセラミックス絶縁板 310 とシリコンチップ 301 を除き実質的に全て金属であるので電氣的、熱的な抵抗が少ない。シリコンチップ 301 の上下には、熱膨張係数がシリコンに近く、熱伝導率及び電気伝導率が良好な金属(例えば、W, Mo, 複合金属等)によるチップ上緩衝板 304 及びチップ下緩衝板 305 をはんだ付けする。シリコンの熱膨張係数に近い材料で上下を挟む構造であるので、シリコンの上下から常に補強された構造になっており、温度変化に伴うシリコンへの熱応力発生が少ない、疲労に強い構造である。シリコンチップ 301 の上(カソード側)と下(アノード側)で、緩衝板のサイズが違うのは、シリコンチップ 301 の上面の外周部に、耐圧を持たせるための構造(ターミネーション、例えば、FLR (Field Limiting Ring)等)があるので、その部分を避けて電極を接着しているためである。シリコンチップ 301 の上側はチップ上緩衝板 304 のみであるが、シリコンチップの下側(アノード側)には、チップ下緩衝板 305 の下に、内部アノード

電極 308 がある。これは、シリコンチップ 301 より一回り大きく、しかも厚いので、シリコンチップ 301 で発生した熱を広げる作用があり、熱抵抗を下げるのに有効である。内部アノード電極 308 の側面には、アノード電極連絡配線 312 に接続するためのアノード端子アーム 401 を備える。このアームは、電気を導くためのものであり熱を通すためではないので、細長い構造である。

第 4 図に示すように、セラミックス絶縁板 310 はモジュール外部から内部回路を電氣的に絶縁するための絶縁距離を確保するために内部アノード電極 308 より大きい。一般的には、1000V の絶縁を確保するには、1mm の絶縁距離が必要とされているためである。この距離は、モジュールの小型化にとって好ましくないが、本発明による接合型半導体モジュールでは、この距離を確保しても、全体の寸法を小さくできる。これについて第 5 図及び第 6 図を用いて説明する。第 5 図は、本発明の接合型半導体モジュールで説明に必要な部分のみを抽出した図である。第 6 図は、従来技術によるワイヤボンディング構造である。両図は寸法の比較ができるように、相対的に同じ縮尺とした。両図とも、説明に直接関係のないはんだ層の表示を省略した。第 5 図では、ユニットごとにセラミックス絶縁板 504 の周辺に絶縁距離を取るため、ユニットの間隔が広がっている。これに対して、第 6 図の構造では、1 枚のセラミックス絶縁板 602 に 2 個のシリコンチップ 501 を搭載しているので、2 つのシリコンチップ 501 の間に、第 5 図のような絶縁のための無駄なスペースがない。それでもなお、第 6 図に示す従来技術によるワイヤボンディング構造の方が横幅が大きくなっている。その理由は、ワイヤボンディング構造では、シリコンチップに接着されたワイヤのもう一方の端を固定するための対電極(第 6 図の内部カソード電極 605)が必要

であるからである。この電極は隣接する電極、すなわち、内部アノード電極 601 との間に絶縁距離を取らなければならない。この距離は、セラミックス絶縁板 504 或いはセラミックス絶縁板 602 の周囲に設けた絶縁距離に比べると若干小さいが、それでも、シリコンチップ 501 の有する耐圧に見合った距離が必要である。また、内部カソード電極 605 内には、モジュール外部との接続のためのカソード端子アーム 606 の場所も確保するので、そのスペースが余分に必要になる。これに対して、第 5 図に示す本発明の構造では、ワイヤを介さず、シリコンチップ 501 から直上の外部カソード電極 507 に接続するので、第 6 図のような横方向の無駄スペースが発生しない。図中の太い矢印で示すように第 5 図ではカソード電流が上下方向に流れ、第 6 図では左右方向に流れる。従来技術では電流を横に流すために、スペースが広がると取れることもできる。

複数のシリコンチップを搭載する半導体ユニットの場合、各シリコンチップの間を並列配線することにより、チップ間の配線のための横方向の無駄スペースを発生しない構造とすることができる。

本発明による半導体モジュールの熱の流れを、第 7 図を用いて説明する。なお、第 7 図でも、説明に直接関係のないはんだ層の表示を省略した。図では、シリコンチップ 701 で発生した熱の流れを矢印で示す。シリコンチップ 701 から発生した熱は上下に流れる。シリコンチップ 701 から下に向かって流れる熱は、チップ下緩衝板 702 をほぼ垂直に流れる。これは、チップ下緩衝板 702 の大きさがシリコンチップ 701 に比べてさほど大きくないこと（図では同じ大きさで表示す）と、チップ下緩衝板 702 が熱膨張係数の制約で W や Mo であるため、熱伝導率がその下の内部アノード電極 703（通常は銅或いは Al を使う）

の数分の1と小さいためである。内部アノード電極703では、熱は左右に広がる。内部アノード電極703が厚いため、さらに、材質として熱伝導率の大きい銅やAlを使用するため、また、熱の下流のセラミックス絶縁板704の熱伝導率が内部アノード電極703より小さいためである。セラミックス絶縁板704内では、内部アノード電極703と逆に、部材が薄く、熱の下流の金属ベース705の熱伝導率が大きいため、熱が広がらない。金属ベース705内では、モジュールを取り付ける部材によるが、通常は金属に比べて熱伝導率の小さい熱伝導グリースを介して取り付けられるため、熱がさらに広がる。

シリコンチップ701から上に向かって流れる熱は、チップ上緩衝板706をほぼ垂直に流れる。これは、チップ上緩衝板706の大きさがシリコンチップ701より小さいことと、チップ上緩衝板706には、熱膨張係数の制約でWやMoを使うため、熱伝導率がその上の外部カソード電極707より小さいためである。外部カソード電極707では、熱が左右に広がる。外部カソード電極707が厚いため、及び、材質として熱伝導率の大きい銅やAlを使用するためである。

半導体モジュール外への放熱について、第8図を用いて説明する。第8図は、本発明の接合型半導体モジュールを6個で構成した、直流から三相交流を得るインバータ装置の中心部分を示す。本発明の接合型半導体モジュール中には、スイッチング素子として、MOS構造による駆動部とバイポーラ構造による主通電部からなる、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) が搭載されている。外部アノード電極801, 外部カソード電極802, 樹脂ケース803、及び金属ベース804を備えたモジュールを横に3個、縦に2個、合計6個を、金属ベース取り付け板815に並べる。モジュールから発生した熱は、金属ベース804

を介して金属ベース取り付け板 815 に取り付けした金属ベース取り付け板上フィン 816 から外気へ放出する。第 8 図では、金属ベース取り付け板 815 の裏面に金属ベース取り付け板上フィン 816 を備えて外気への放熱経路としているが、水やフロン等の液体を使用した冷却系にしても良い。また、ヒートパイプを使用して、半導体モジュールから離れた場所で放熱しても良い。

モジュールの上側の列の 3 個並んだ外部アノード電極 801 を、直流プラス側ブスバー 805 で結び、直流電源のプラス側を接続する。また、モジュールの下側の列の 3 個並んだ外部カソード電極 802 を、直流マイナス側ブスバー 806 で結び、直流電源のマイナス側を接続する。つぎに、左端の上下のモジュールの、上側の外部カソード電極 802 と下側の外部アノード電極 801 を U 相ブスバー 809 で結ぶ。ここが、三相交流の U 相の出力端子になる。同様に、中央の上下のモジュールの、上側の外部カソード電極 802 と下側の外部アノード電極 801 を V 相ブスバー 811 で、さらに、右端の上下のモジュールの、上側の外部カソード電極 802 と下側の外部アノード電極 801 を W 相ブスバー 813 で結ぶ。これらが、三相交流の V 相及び W 相の出力端子になる。

下側の 3 つのモジュールを放熱するために、直流マイナス側ブスバー 806 に、直流マイナス側ブスバー上放熱フィン 807 を付ける。フィンの下に隠れている部分が見えにくいので、フィンの一部を切り取った表示にしてある。そこが、直流マイナス側ブスバー上放熱フィン切断部 808 である。上側の 3 つのモジュールの熱は、それぞれ、U 相ブスバー上放熱フィン 810、V 相ブスバー上放熱フィン 812、W 相ブスバー上放熱フィン 814 で放熱する。

ブスバー上にフィンを設けて、外部カソード電極 802 に達したモジ

ジュール内の熱を効果的に外気に放出することができる。発熱に対して、ブスバーが十分な表面積を有し、それ自体で放熱の能力が充分であれば、特にフィンを付ける必要はない。もちろん、水やフロン等の液体をブスバー内に循環させて冷却しても、ヒートパイプ等を利用してよい。いずれにしても、モジュールから熱が端子に効率よく導かれるので、放熱が容易である。

本発明による接合型半導体モジュールでは、上側の放熱板も電氣的に内部と絶縁していても良い。この場合には、モジュールの底面と上面に接する部材は、放熱の機能があればよく、第8図に示した構成よりモジュール周囲の構造が簡略化され、システム全体として、より伝熱効率を高くできる。

接合型半導体モジュールを構成する材料の熱膨張係数の整合は重要である。第9図を用いて本発明の接合型半導体モジュールの構成を説明する。

本発明の構造では、シリコンチップ901の熱膨張係数が約3 ppmであるのに対して、外部カソード電極903、内部アノード電極905、及び金属ベース907を構成する材料の熱膨張係数が大きいためにユニット内の横方向に熱膨張のアンバランスが生じる。例えば、銅は約17 ppm、Alは約24 ppmである。熱膨張係数の差に基づく応力の絶対値は、熱膨張係数の差と温度差と素材どうしが接している長さ（本発明の構造では、はんだ付け部の対角長さ）の積に比例するので、大面積のはんだ付け部がなく、ユニットの横方向の寸法が、シリコンチップ901の寸法より少し大きい程度の本発明の半導体ユニット内で発生する熱応力は比較的小さい。さらに、シリコンチップ901から見た上下の構造が概略対称なので、バイメタル作用によって生じるチップへの曲げ応力

も少ない。

半導体ユニットは上下方向が層状であり、ユニット縦方向では、熱膨張係数の差に基づく熱応力の発生はほぼない。

第9図の横方向の矢印でモジュール全体の横方向の熱膨張を表す。各ユニットは、上下を外部カソード電極903と金属ベース907で挟まれている。これらの材料として銅あるいはAl, 炭化珪素やシリコンやゲルマニウムを銅やAlに分散させた低熱膨張で高熱伝導率の素材, 銅やAlとWやMoを積層した素材などを使用してもよい。外部カソード電極903と金属ベース907の材質を同じにすることが、熱応力を小さくするために重要である。外部カソード電極903と金属ベース907の材質が同じであれば、半導体ユニット上下の部材が同じだけ膨張収縮し、各半導体ユニットは横に平行移動しているだけであるので、熱応力が発生しない。本発明の接合型半導体モジュール構造は、シリコンチップ901で発生した熱が、上下方向に、概略バランスして流れるので、外部カソード電極903と金属ベース907の温度のアンバランスは小さい。

第9図の上下方向3本の矢印が、各半導体ユニットの上下方向の熱膨張を表す。各半導体ユニットの構成材料が概略同じであり、ユニット間で寸法もほぼ揃っているので、ユニットの上下方向の熱膨張係数は各ユニットごとに揃っている。従って、上下を外部カソード電極903と金属ベース907でサンドイッチされていても、上下方向にユニット間で応力を生じる心配は少ない。

内部の充填樹脂909は、ユニットの上下方向の熱膨張に近い熱膨張係数にすることが肝要である。内部の充填樹脂909とユニット全体としての上下方向の熱膨張を合わせなければ、樹脂とユニット間で熱応力

が発生する。樹脂ケース 908 の熱膨張を、外部カソード電極 903 及び金属ベース 907 と揃えておくことも、横方向の応力発生を抑える上で有効であるが、これは、充填樹脂 909 に対する熱膨張係数の要求に比べ厳密さが小さい。

樹脂の熱膨張係数は一般に金属より大きい。従って、樹脂にシリカのような低熱膨張の素材を混合し、樹脂の熱膨張係数を銅に近づけることができる。従って、外部カソード電極 903 及び金属ベース 907 を、銅または Al とすることで、樹脂との整合が得られ、モジュール全体の熱応力を緩和できる。各半導体ユニットの上下方向の熱膨張係数は、最も厚い部材である内部アノード電極 905 の熱膨張係数に近い。内部アノード電極 905 に銅あるいは Al を使用して、充填樹脂 909 の熱膨張係数を合わせ込むことができる。

本発明の接合型半導体モジュールは、各はんだ付け部の面積が小さいので、はんだ付けの品質を良好に保つことが容易である。また、ユニットあたりのチップ数が少ないので、モジュールに組む前にチップ毎に良否を選別することができるので実用上のメリットが大きい。

以下、本発明を、他の実施例によりさらに具体的に説明する。

#### (実施例 2)

実施例 2 について、第 1 図及び第 10 図乃至第 13 図を参照して説明する。第 1 図は、本実施例の接合型 IGBT モジュールを斜めから眺めたところである。同図は、内部が見えるように、樹脂ケース 102 を透明に表示しており、ケース内に充填される樹脂を省略している。

モジュールには Ni めっきした銅ベース 101 上に 6 個の IGBT ユニット 113 と 3 個のフリーホイールダイオードユニット 119 が載置されている。合計 9 個の前記ユニット上に、9 個のユニットを全部接続



する形で外部カソード電極103が載っている。外部アノード電極104は、一部が外部カソード電極103の上を覆っている。外部カソード電極103の切欠部とその上を覆う外部アノード電極104との間には、充填樹脂（図示せず）が入り、両者の絶縁を保つ。樹脂で満たされた部分については、既定の電圧をかけたときに絶縁破壊を起こさなければ、とくに電極間の距離の規定はない。すなわち、外部カソード電極103と外部アノード電極104の上下方向の距離は、充填される樹脂の絶縁耐力まで近づけることができる。ところが、モジュールの外壁では日本電機工業会等の規格に定められた空間及び沿面の絶縁距離を確保することが要求される。例えば、1500Vでは、交流でも直流でも空間距離が20mm、沿面距離が28mm必要とされている。従って、外部カソード電極103と外部アノード電極104の横方向の距離については、上記規制が適用されるのである。外部カソード電極103をできるだけ大きく取るために、外部カソード電極103に円形の穴を開け、その中心に外部アノード電極104を配置する構造もあり得るが、円形の周囲全部に絶縁距離の確保のためのスペースが必要になるので、無駄スペースが増す。また、円形の穴を開けた構造では、組立の際に外部アノード電極104より前に外部カソード電極103を搭載しておくことが必要となり、組立工程の自由度が減る。以上の理由により、本実施例では、外部カソード電極103の一辺を切り取り、そこに外部アノード電極104を覆い被せる構造にした。

手前の列の横に並んだ3個と奥の列の横に並んだ3個がIGBTユニット113であり、中央の列の3個がフリーホイールダイオードユニット119である。奥の列の3個のIGBTユニット113と、手前の列の3個のIGBTユニット113のIGBTチップ106のゲードから、

ゲート集合配線 123 を通して、外部ゲート電極 105 に接続している。本実施例では、ゲート集合配線 123 に、フッ素樹脂で絶縁被覆した銅線を使用した。半導体モジュールの外周部には、樹脂ケース 102 があり、モジュール内には、熱膨張係数を概略銅と同じになるように調整した充填樹脂（図示せず）を満たす構造になっている。

IGBT チップ 106 は、下がアノード（コレクタ）、上がカソード（エミッタ）であり、フリーホイールダイオードチップ 107 では、下がカソード、上がアノードである。IGBT とダイオードは逆並列に接続されている。

外部アノード電極 104 に至る電流経路を説明する。各ユニットの内部アノード電極 111 及び内部アノード電極 117 は前後方向に伸びたアノード集合板 A120 につながっている。3 枚のアノード集合板 A120 のうち、右端の 1 枚のみ外部カソード電極 103 の脇から見る事ができる。アノード集合板 A120 は、奥の IGBT ユニット 113、中央のフリーホイールダイオードユニット 119、及び手前の IGBT ユニット 113 各 1 個ずつのアノード電流を集める。左右に 3 枚並ぶことで、9 個のユニットとつながる。つぎに、3 枚のアノード集合板 A120 間をつなぐ部材として、アノード集合板 B121 がある。これは、奥の列の IGBT ユニット 113 と中央の列のフリーホイールダイオードユニット 119 の間の空間を左右に走っている。もう一つ、3 枚のアノード集合板 A120 間をつなぐ部材として、アノード集合板 C122 がある。これは、中央の列のフリーホイールダイオードユニット 119 と手前の列の IGBT ユニット 113 との間の空間を左右に走っている。アノード集合板 B121 及びアノード集合板 C122 によって集められた、いちばん左のアノード集合板 A120 の電流及び中央のアノード集合板

A 1 2 0 の電流が、最終的にいちばん右のアノード集合板 A 1 2 0 に集まり、外部アノード電極 1 0 4 に至る。

電力用半導体モジュールでは、配線経路の誘導成分の整合が重要である。本実施例の構造では、外部カソード電極 1 0 3 に至る経路の誘導成分は充分小さく、誘導成分の整合に関する問題はない。しかし、外部アノード電極 1 0 4 に至る経路ではアンバランスが生じている。右端の列が外部アノード電極 1 0 4 に最も近いので、誘導成分が小さく、左端の列が最も大きい。各列の中でも、中央のフリーホイールダイオードユニット 1 1 9 の誘導成分が小さくなっている。このアンバランスはアノード側で生じているため問題ない。カソード側に比べてアノード側のアンバランスは素子の動作に与える影響が小さいのである。カソードとゲートの間に電圧を加えて駆動するため、カソードの電位は安定していないといけなないので、カソード側のアンバランスは極力小さくする必要がある。それに比べて、アノード側は比較的アンバランスに対する感受性が鈍い。また、本実施例では I G B T ユニット 1 1 3 間のアンバランスが小さく、中央にフリーホイールダイオードユニット 1 1 9 を配置したことにより、I G B T ユニット 1 1 3 間での整合が取れている。

I G B T ユニット 1 1 3 には、1 個の I G B T チップ 1 0 6 が搭載されている。一辺 1 5 mm の正方形である。チップ上 M o 緩衝板 1 0 8 及びチップ下 M o 緩衝板 1 1 0 で I G B T チップ 1 0 6 の上下を挟んでいる。チップ上 M o 緩衝板 1 0 8 は、一辺 1 0 mm の正方形で、厚さが 1 mm、チップ下 M o 緩衝板 1 1 0 は、一辺 1 6 mm の正方形で、厚さが 1 mm である。いずれも N i めっきしてあり、はんだ付けで I G B T チップ 1 0 6 に接着している。上下の板で寸法が違うのは、I G B T チップ 1 0 6 の上面（表面）の周辺部（ターミネーション領域）の上に金属があつてはいけ

ないからである。IGBTチップ106の上面(表面)の周辺部は、チップ内に加わる電界が表面に現れる部分である。電界を均一に出さなければ異常放電を起こすため、この部分にはFLR(Field Limiting Ring)等の特別の工夫がなされている。従って、この部分の上側数mmには、電界を乱す電気の良導体やイオンを近づけてはいけない。

従来のワイヤボンディングを前提としたシリコンチップでは、チップ表面の電極にAl(或いは、若干の添加元素を追加したAl合金)を使用することが多い。しかし、本発明の構造では、シリコンチップの両面をはんだ付けするため、チップ表面にも裏面と同じ、はんだ付け可能な金属被膜が必要になる。本実施例では、IGBTチップ106の両面をAl-Ti-Ni-金の4層の多層膜構造とした。

チップ下M<sub>0</sub>緩衝板110の下には内部アノード電極111がある。これは、一辺20mmで、厚さが2mmの銅板である。また、内部アノード電極111の下には、アルミナ絶縁板112があり、銅ベース101と電氣的に絶縁している。

チップ上M<sub>0</sub>緩衝板108の上に配置した、高さ調節用銅ブロック109について説明する。サイズは一辺10mmで、厚さは10mmである。上述した絶縁距離の規格を満足するためには、モジュール下の銅ベース101とモジュール上の外部電極群の距離を確保する必要がある。そのため、モジュールの高さを一定値より大きくしなければならない。モジュール高さ方向の距離を確保するために、モジュール内では調節用ブロックが必要になる。モジュール内の熱抵抗が増える原因になるので、このブロックの厚さは必要最小限に止めることが望ましい。高さ調節用銅ブロック109は、アノード集合板A120、アノード集合板B121、及びアノード集合板C122、すなわち、内部アノード電極111、或

いは内部アノード電極117と外部アノード電極104とを結ぶアノード配線と、外部カソード電極103の底面との上下の距離を保つと同時に、IGBTチップ106或いはフリーホイールダイオードチップ107の周囲の耐圧を確保するための領域（上述した、FLR等を施したターミネーション部分）上の空間を上下方向に充分確保する。

フリーホイールダイオードユニット119には、1個のフリーホイールダイオードチップ107が搭載されている。寸法は一辺15mmの正方形である。フリーホイールダイオードチップ107の上下をチップ上Mo緩衝板114及びチップ下Mo緩衝板116で挟んでいる。チップ上Mo緩衝板114は、一辺10mmの正方形で、厚さが1mm、チップ下Mo緩衝板116は、一辺16mmの正方形で、厚さ1mmである。いずれもNiめっきしてあり、はんだ付けでフリーホイールダイオードチップ107に接着している。上下の板で寸法が違ふのは、フリーホイールダイオードチップ107の上面（表面）の周辺部で耐圧を持たせているからである。この部分には強い電界がかかるので、電気の良い導体やイオンを近づけてはいけない。

フリーホイールダイオードチップ107も、IGBTチップ106と同じく、表面側にもはんだ付け用のAl-Ti-Ni金の4層の多層膜構造電極を配置した。

フリーホイールダイオードユニット119はチップ上Mo緩衝板114にゲート用の穴がないこと以外はIGBTユニット113と同じである。

第10図を使用してIGBTユニット113を、第11図を使用してフリーホイールダイオードユニット119を説明する。IGBTチップ106の中心には、ゲート端子がある。ゲート信号がチップ全体に行き渡るためには、チップの中央にゲート端子を備えるのが最良である。ゲ

ート端子にゲート配線1007をゲート用はんだ1008ではんだ付けする。さらに、チップ上M $\phi$ 緩衝板108の中央部に穴を開け、高さ調節用銅ブロック109のチップ上M $\phi$ 緩衝板108と接する面に溝を掘って、ゲート配線1007を通し、高さ調節用銅ブロック109の脇から引き出す。

これに対して、フリーホイールダイオードチップ107にはゲートがない。従って、チップ上M $\phi$ 緩衝板114には穴がなく、高さ調節用銅ブロック115に溝がない点が、IGBTユニット113とフリーホイールダイオードユニット119の相違である。フリーホイールダイオードチップ107は、アノードを上にして搭載されるため、内部アノード電極117にはフリーホイールダイオードチップ107のカソードが接続される。カソードが接続されるのにアノードと称するのは、IGBTチップ106用の内部アノード電極111と、名称の統一を図るためである。

第12図は、IGBTチップ106を斜め上方から眺めたものである。図では、IGBTチップアノード面1204は、下に隠れている。IGBTチップカソード面1203を大きく分けると、二つの領域になる。中央部の回路形成領域1201と周辺部の耐圧確保領域1202である。耐圧確保領域1202では、電界がチップ上方の空間に漏れているため、上方に導電体を配置しないようにする必要がある。チップ上M $\phi$ 緩衝板108及び高さ調節用銅ブロック109が、IGBTチップ106より小さいのは、耐圧確保領域1202の上方を開けておくためである。回路形成領域1201の中央部にゲート電極1206がある。ゲート電極1206の周囲の回路形成領域1201には、カソード電極1205が配置されている。フリーホイールダイオードチップ107では、アノード電極もカソード電極もべた一面であるが、IGBTチップ106では、

カソード電極 1205 は図のように短冊状の形状で、数本が並んでいる。回路形成領域 1201 の表面近くには、ゲート駆動のための MOS 領域がある。MOS は外力の影響を受けやすいので、外力を受けやすい電極を MOS の直上に設けないためである。すなわち、短冊状に MOS 部分を形成し、MOS の存在しない、残りの短冊状の部分にカソード電極 1205 を形成してある。

本実施例の接合型 IGBT モジュールの製造方法を第 13 図に従って説明する。図は、左半分が製造工程、右半分が各工程終了後（次の工程開始前）の状態を断面で示す。

#### （１）ユニット組立

予め静特性を調べて良品と評価された IGBT チップ 106 及びフリーホイールダイオードチップ 107 を半導体ユニットに搭載する。図では、IGBT チップ 106 を搭載した IGBT ユニット 113 を示す。本実施例では高さ調節用銅ブロック 109 及び高さ調節用銅ブロック 115 を載せた状態で半導体ユニットとしている。この工程では、高さ調節用銅ブロック 109 まで搭載する。各層は、はんだ付けで接着されている。IGBT ユニット 113 では 6 個所、フリーホイールダイオードユニット 119 で 5 個所のはんだ付け個所がある。これらを、本実施例では一括して行った。もちろん、数回に分けてはんだ付けを行っても差し支えない。

#### （２）ユニット選別

本発明の特徴である、チップ単位での選別を行う。半導体ユニット搭載前でも、測定用の針をチップに刺して、静特性の測定は可能である。静特性とは、耐圧、オン電圧等の、電流や電圧の変化を伴わない測定項目である。これに対して、動特性、すなわちスイッチング特性や安全動

作領域の測定、或いはチップを発熱させる測定は、誘導成分までを含めた電流の供給が正常でないと不可能であり、従来は半導体モジュールを組立後に測定していた。本発明では、モジュールに部品を組み込む前の工程で総ての項目の測定を行い、ユニット単位での選別ができるのである。図では、選別の結果選ばれた I G B T ユニット 1 1 3 及びフリーホイールダイオードユニット 1 1 9 をそれぞれ一つずつ表示してある。

### (3) ユニット配置

選別されたユニットを銅ベース 1 0 1 上に並べる。アルミナ絶縁板下はんだ 1 3 0 1 によるはんだ付けは、この工程で実施してもよいし、次の工程或いはその次の工程とまとめて行ってもよい。本工程で、アルミナ絶縁板下はんだ 1 3 0 1 をはんだ付けする方法が、位置ずれを生じる恐れがなく、確実に製造できる。逆に、次の次の工程で 3 工程分を一括してはんだ付けすれば、工数が少なく、コスト的に有利である。ただし、外部カソード電極 1 0 3 がモジュール内部を隠すので、検査性が悪くなる。本実施例では、検査性とのからみから、両者の中間を取り、カソードのはんだ付けと同時に行うことを避けて、次の工程で、アノード及びゲートのはんだ付けと一緒にこの部分のはんだ付けを行うことにしている。

本実施例では、第 1 図のように半導体ユニットが 3 列並ぶ。また、横一列に同種のユニットが並ぶ。しかし、第 1 3 図では、図が複雑になることを避けて 2 列に、しかも、種類の異なるユニットを並べて表示した。すなわち、第 1 3 図では左を I G B T ユニット 1 1 3、右をフリーホイールダイオードユニット 1 1 9 とした。従って、第 1 3 図は、第 1 図の一部を切り出した断面に基づいてはいるが、特定の断面をそのまま表しているわけではない。



#### (4) アノード、ゲート接続

外部アノード電極104、外部ゲート電極105、アノード集合板A120、アノード集合板B121、アノード集合板C122、及びゲート集合配線123を一体成形した樹脂ケース102を銅ベース101上に搭載する。この際、アノード端子アーム接着部1302及びゲート配線接着部1303は、はんだ付け、樹脂ケース接着部1304は接着剤でそれぞれ接着する。本実施例では、アルミナ絶縁板下はんだ1301のはんだ付けも同時に行う。

#### (5) カソード接続

外部カソード電極103を接着する。この工程の後では、外部カソード電極103がモジュール内をほとんど覆い隠すので、他の工程とはんだ付けを兼用しない方がよい。外部アノード電極104が外部カソード電極103の一部に冠るので、外部カソード電極103を外部アノード電極104の下に潜り込ませて載置することが必要である。第1図は、本工程終了時点を表わす。

#### (6) 樹脂充填

充填樹脂1306を流し込んで、モジュールが完成する。本実施例では熱硬化性の樹脂に酸化珪素を主成分とする、熱膨張係数調整用のフィラーを混入した樹脂を使用した。光が入り込むことによる誤動作を避けるために、樹脂は黒く着色してある。

#### (実施例3)

実施例3について、第14図乃至第16図を参照して説明する。第14図は、本発明による他の接合型IGBTモジュールを斜めから眺めた図である。同図は、内部が見えるように、樹脂ケース1402を透明にしてあり、ケース内に充填された樹脂を省略してある。

本実施例の半導体モジュールは、耐圧及び電流容量とも実施例2によるモジュールと同じだが、ベース及び電極の材質が実施例2と異なる。本実施例では、A1ベース1401を使用した。横方向の熱膨張係数を合わせるため、外部カソード電極1403、外部アノード電極1404、及び外部ゲート電極1405の材質もA1とした。A1は、銅に比べて軽く、低価格であるという利点がある。その反面、電気伝導度及び熱伝導率が銅より小さいという欠点がある。電気伝導度に関しては、電極の寸法がもともと大きいので、問題にはならない。また他の部材に比べてA1の熱伝導率が大きいので、熱伝導率に関してもとくに問題はない。ただし、熱膨張は問題である。すなわち、A1は銅に比べて熱膨張係数が大きいので、シリコンとの熱膨張係数差が拡大するのである。この問題に関しては、次のように対処した。すなわち、モジュール全体としては、下側のベースと上側の電極を同じ材質とすることで、横方向の熱膨張係数を揃えて、大きな寸法での熱膨張係数の不整合を回避した。シリコンとの熱膨張係数差の増加については、つぎのようにして回避した。すなわち、シリコンチップに近い位置にあるIGBTユニット1407及びフリーホイールダイオードユニット1408を構成する部材に、銅を採用した。その結果、シリコンチップから眺めた熱膨張係数差は、実施例2と同じとなった。内部に充填される樹脂（図示しない）の熱膨張係数を、モジュールのたて方向の熱膨張に合わせるため、銅に合わせた。IGBTユニット1407及びフリーホイールダイオードユニット1408の全体としての上下方向の熱膨張係数が、最も大量に使われている銅に近いからである。熱的、電氣的性能からも、熱流及び電流の密度が高い各ユニット内の部材をA1にせず、実施例2と同じく銅にすることが好ましい。シリコンチップを保護する観点から、樹脂ケース1402の熱

膨張係数も、銅に合わせた。最終的に、本実施例によるモジュールは、上下方向の熱膨張係数を銅、左右及び前後方向の熱膨張係数をA1で揃えた。

実施例2と違う点は、外部カソード電極1403と外部アノード電極1404の重なる部分である。実施例2では、この部分には充填樹脂1306が浸入する構造になっている。それに対して、本実施例では、樹脂の代わりに、アルミナ絶縁板1406が挟まっている。A1は銅に比べて熱伝導率が小さいので、それを補う目的から、外部アノード電極1404にも外部カソード電極1403に伝わった熱の一部を伝え、トータルの熱抵抗を減らす構成にした。

この部分を、第15図に拡大して示す。図は、外部カソード電極1403と外部アノード電極1404の中央を通る面で切断したところである。外部カソード電極1403と外部アノード電極1404の重なる部分にアルミナ絶縁板1406を挟んである。アルミナに代表されるセラミックスは、有機物の樹脂に比べると二桁程度熱伝導率が大きいのので、モジュール内のIGBTユニット1407及びフリーホイールダイオードユニット1408から外部カソード電極1403に流入した熱をアルミナ絶縁板1406が受け取り、外部アノード電極1404に渡すことができる。さらに、樹脂を隙間に充填する場合には、隙間が少なくとも1mm程度ないと良好に樹脂を充填できないが、絶縁板を挟む場合には、せいぜい0.5mm程度の板厚で充分である。熱伝導率と絶縁物の厚さの両者の効果が相乗され、この部分の熱抵抗が小さくなる。その結果、外部アノード電極1404が熱的に結合され、外部アノード電極1404も放熱に寄与することができる。本実施例では、外部アノード電極1404は、電氣的にアノードにつながっているが、熱的にはカソードにつなが

っている。

本実施例の接合型半導体モジュールの製造方法を第16図を使用して説明する。図は、左半分が製造工程、右半分が各工程終了後（次の工程開始前）の状態を断面で示す。

（１）ユニット組立、及び（２）ユニット選別

上記２工程は、実施例２と同じである。

（３）ユニット配置

選別されたユニットをA1ベース1401上に並べる。ユニット取り付けはんだ1601をA1ベース1401とIGBTユニット1407或いはフリーホイールダイオードユニット1408との間に載置する。

（４）ゲート接続

外部ゲート電極1405、アノード集合板A1409、アノード集合板B1410、アノード集合板C1411、及びゲート集合配線1412を一体成形した樹脂ケース1402をA1ベース1401上に搭載する。実施例２と同じく、アノード端子アーム接着部1602及びゲート配線接着部1603で、樹脂ケース1402と一体の各配線部材を各ユニットに接続すると同時に、ユニット取り付けはんだ1601を溶融して、各ユニットをA1ベース1401に接着する。また、樹脂ケース1402は、接着剤による樹脂ケース接着部1604で、A1ベース1401に接着される。本実施例が実施例２と異なる点は、樹脂ケース1402に外部アノード電極1404が付いていないことである。そのため、実施例２よりも各はんだ付け個所の検査が容易である。

（５）カソード接続

アルミナ絶縁板1406を介して外部アノード電極1404と一体に成形された外部カソード電極1403をIGBTユニット1407及び

フリーホイールダイオードユニット1408の上に載置し、外部カソード電極接着部1605で接着する。本工程の前に、外部アノード電極1404は、アルミナ絶縁板1406を挟んではんだで接着しておく。本工程では、外部アノード電極接着部1606による、アノード集合板A1409と外部アノード電極1404との接着も同時に行われる。第14図は、本工程の終了時点を表している。

#### (6) 樹脂充填

最後に、充填樹脂1607を流し込んで、モジュールが完成する。すでに述べたように、充填樹脂1607の熱膨張係数をIGBTユニット1407及びフリーホイールダイオードユニット1408の上下方向の熱膨張係数（ほぼ銅に等しい）に合わせてあるので、使用時の温度変動で生じる上下方向の熱応力が小さい。

#### (実施例4)

実施例4について、第17図乃至第18図を参照して説明する。第17図は、本発明による他の接合型IGBTモジュールを斜めから眺めた図である。同図は、内部が見えるように、樹脂ケース及び外部電極を搭載しない製造過程の途中の段階である。

モジュール内のチップ構成は、実施例2及び実施例3と同じである。すなわち、IGBTチップ1702が6個、フリーホイールダイオードチップ1703が3個の合計9個のチップから成る。また、外部アノード電極の構造に関しては、実施例2と同じである。

本実施例が実施例2及び実施例3と異なるのは、各ユニットが三つのシリコンチップで構成されていることである。二つのIGBTチップ1702でフリーホイールダイオードチップ1703を挟む配置である。ユニット内のチップ数を増すことにより、モジュール全体の構造が単純

になりかつモジュールが小さくなる。本実施例では、モジュール内のチップ間の配線を並列配線とし、左右前後の寸法増加及び半導体ユニット内の構造の複雑化を避けた。

本実施例で、半導体モジュールが小さくなる理由について説明する。各ユニットの外周部に絶縁を確保するための距離を取らなければならない。この距離は一定なので、ユニットあたりのチップ数が増えて、その結果、モジュール内のユニット数が減少すると、モジュール全体の寸法が減少する。本実施例の半導体モジュールの寸法は、実施例2と同じであり、各ユニット周辺の絶縁のための距離は、4mmである。従って、実施例2では、横方向も前後方向も、三つのユニットが並んでいるので、絶縁のための距離の合計は、24mmになる。これに対して、本実施例ではユニットが横一列にならんでいるので、横方向は実施例2と同じく、3ユニット分で24mmであるが、前後方向が1ユニット分の8mmのみとなる。前後方向に、実施例2より16mm縮む。ユニット内での配線を並列としたため、配線による寸法増加がなく、絶縁距離の減少分がそのまま全体寸法の減少につながる。

本実施例では、寸法の減少のみならず、構造の簡略化も実現している。本実施例による構造の簡略化について説明する。第17図を第1図及び第14図と比較すると、半導体ユニットから外部電極に至る、モジュール内のアノード配線が簡略化されていることが明らかである。第1図と第14図は、アノード配線に関しては本質的に差がないので、第1図と第17図の相違点を述べる。第1図では、IGBTユニット113の内部アノード電極111が6個、そしてフリーホイールダイオードユニット119の内部アノード電極117が3個あり、チップ数と同じである。これらを一つの外部アノード電極104に導くために、アノード集合板

A 1 2 0, アノード集合板 B 1 2 1、及びアノード集合板 C 1 2 2 が必要であった。これに対して、本実施例では、内部アノード共通電極 1707 が 3 個しかないので、アノード集合板 1 7 1 1 があるのみである。本実施例では、各ユニット内でチップ 3 個分のアノードの並列回路ができ上がっているために簡略化できる。

本実施例で 3 個のチップでユニットを構成した理由について説明する。半導体ユニット内のチップ数に最適値があるわけではない。少ないことによるメリット、多いことによるメリットがそれぞれ存在するからである。しかし、同一モジュール内にチップ数の異なるユニットが混在していると、ユニット配置の自由度、チップ選別の自由度が低下し、しかも、電流及び発熱のバランスが悪くなるので好ましくない。そこで、本実施例では、9 個のチップで 1 つのモジュールを構成しているので、ユニットあたりのチップ数は、1 又は 3 となる。つぎに、どのチップをユニットに搭載するかについて説明する。IGBT チップ 1 7 0 2 のみのユニットとフリーホイールダイオードチップ 1 7 0 3 のみのユニットにすることも可能である。しかし、本実施例では IGBT チップ 1 7 0 2 とフリーホイールダイオードチップ 1 7 0 3 が混在するユニットとした。理由を列挙する。

(1) すべての同じユニットであり、モジュールに搭載するユニットを選び出す作業においても、ユニットを並べる作業においても都合が良い。

(2) IGBT チップ 1 7 0 2 とフリーホイールダイオードチップ 1703 が同時に通電状態になることはない。通電は、常に片方である。従って、IGBT チップ 1 7 0 2 とフリーホイールダイオードチップ 1703 の混在ユニットの方が電流の集中が少ない。また、各ユニットに流れ

る電流が、どの時点でも同じであり、常にバランスし電氣的にバランスが良い。

(3) IGBTチップ1702とフリーホイールダイオードチップ1703が同時に通電状態になることはないので、IGBTチップ1702とフリーホイールダイオードチップ1703の混在ユニットの方が熱的なバランスも良い。とくに、モーター駆動の場合、回転数が増す時には主にIGBTチップ1702に電流が流れ、回転数が減少する時には主にフリーホイールダイオードチップ1703に電流が流れるので、ある程度長い時間間隔で、両者の発熱に相違が生ずる。従って、長い時定数での熱的なバランスからも、IGBTチップ1702とフリーホイールダイオードチップ1703の混在ユニットの方が有利である。また、電氣的、熱的バランスをユニット内でも良くするために、フリーホイールダイオードチップ1703を中央に配置してある。

なお、各ユニット内では単純な並列回路で構成し、主電流の横方向の流れを極力排除した。

半導体ユニットの構造について、第18図を使用して説明する。第18図は、第17図のユニットを左から眺めた断面である。ここで、各部材を接着しているはんだ層の表示を省略した。ユニットの中央にフリーホイールダイオードチップ1703を載置し、左右にIGBTチップ1702を載置してある。各チップの下のチップ下M○緩衝板1706は、3箇所とも共通で同じ部材である。各チップの上の部材はゲートの有無とチップ厚さの相違のために、IGBTチップ1702とフリーホイールダイオードチップ1703で異なる。ゲートに関しては、チップ上M○緩衝板1704の中央部に貫通孔を開け、高さ調節用銅ブロック1705の底にゲート配線1712を取り出すための溝を掘る。この溝



は、図では紙面に垂直に、紙面から手前に向かって掘られている。また、IGBTチップ1702とフリーホイールダイオードチップ1703のそれぞれを最適化設計すると、IGBTチップ1702の方がフリーホイールダイオードチップ1703より厚くなる。このチップ厚さの相違に関しては、IGBTチップ1702上のチップ上M<sub>0</sub>緩衝板1704と、フリーホイールダイオードチップ1703上のチップ上M<sub>0</sub>緩衝板1709の厚さに差を設けて吸収している。

チップ下の内部アノード共通電極1707では、三つのチップの電流を集めるだけではなく、三つのチップから発生した熱を分散する機能を有する。熱伝導率の大きい銅を使用し、厚くしてある上に、熱の下流側に、銅より熱伝導率の小さいアルミナがあるため、熱が横方向に流れやすい。一つのユニット内にIGBTチップ1702及びフリーホイールダイオードチップ1703を混載することで、電氣的、熱的に分散化を図っている。

#### (実施例5)

第19図に、実施例5を示す。本実施例は第18図に示す実施例4と、高さ調節用銅ブロック1901が上部でつながり、一体化している点で異なる。高さ調節用銅ブロック1901を一体化したのは、熱が外部カソード電極（図示せず）に流れ込む前に熱流路を広げるためである。高さ調節用銅ブロック1901は、上部が外部カソード電極（図示せず）に触れる。第7図で説明したように、チップ上緩衝板706を通過した熱は、外部カソード電極内で横に広がりトータルの熱抵抗が下がる。同様なことが本実施例でも実現している。従って、実施例4でも本実施例でも、基本的な熱の流れは変わらない。しかし、高さ調節用銅ブロック1901内で予め3つのチップの熱を広げることにより、さらに熱抵抗

が低下する。とくに、左右の I G B T チップ 1 7 0 2 と中央のフリーホイールダイオードチップ 1 7 0 3 が同時に通電しないことから、この連結部による熱の拡散作用は、トータルの熱抵抗を下げるのに有効に機能する。すなわち、左右の I G B T チップ 1 7 0 2 の発熱時には中央のフリーホイールダイオードチップ 1 7 0 3 の上方の高さ調節用銅ブロック 1 9 0 1 が熱を広げる領域として機能し、逆に中央のフリーホイールダイオードチップ 1 7 0 3 の発熱時には左右の I G B T チップ 1 7 0 2 の上方の高さ調節用銅ブロック 1 9 0 1 が熱を広げる領域として機能するのである。本実施例の構成により複数チップ搭載の利点がさらに際立つ。  
(実施例 6)

実施例 6 について、第 2 0 図を参照して説明する。第 2 0 図は、本実施例による別の接合型 I G B T モジュール内の I G B T ユニットの一部分を斜めから眺めたところである。モジュールの全体構造は実施例 2 と同じである。図では、I G B T チップ 2 0 0 1 より下の部分も実施例 2 と同じであるので省略している。本実施例の特徴は、I G B T チップ 2 0 0 1 のゲートの位置である。チップ上のゲートパッド 2 0 0 8 が、チップ周辺の耐圧確保領域 2 0 0 9 を除く、I G B T チップ 2 0 0 1 の回路形成領域の端に配置されている。手段、作用、実施例のいずれにおいても、本発明では、ゲートをチップの中央に配置した。チップ内の電圧伝達の都合から、チップの中心にゲートパッドを設けるのが妥当なためである。しかし、モジュール内に実装する際には、チップ中央部のゲートは不便である。

そこで、本実施例では、モジュール内に実装する際に便利な構造としてゲートパッド 2 0 0 8 を回路形成領域の周辺に配置した。その結果、ゲートをチップ中心から引き出す場合に比べて、ユニットの構造が簡略

化されている。具体的に述べると、チップ上M $\circ$ 緩衝板2002の中心に穴が開いているのではなく、周囲に切り込みが入っているのみである。穴を開けるよりもチップ上M $\circ$ 緩衝板2002の加工が容易である。さらに、チップ上M $\circ$ 緩衝板2002が付いていても、ゲートパッド2008上のゲート用はんだ2007を外から見ることができる。他の実施例ではほとんど不可能であった、ゲート配線2006の接着状況の検査を容易に行える。図では、高さ調節用銅ブロック2003の下部にも切り込みが入っているが、ゲート配線2006の取り出し方によって、この切り込みは不要となることもあるので、その場合は、さらに銅ブロック2003の加工が容易になる。

本実施例では、チップ上M $\circ$ 緩衝板2002に切り込みを入れる構造であるが、チップ上のカソードパッド（チップ上はんだ2004でチップ上M $\circ$ 緩衝板2002と接着している部分）を小さめにすれば、切り込みのないM $\circ$ 緩衝板2002にすることも可能である。そうすれば、さらに構造が簡単になる。ゲートの配線が若干複雑になるが、ゲートパッド2008をチップの相対する辺に2箇所配置しても良い。チップ内のゲート電圧の伝搬を考えると、ゲートパッド2008をチップの相対する辺に2箇所配置する方が良いのである。電気特性とのトレードオフで、ゲートパッド2008を一つにするか二つにするかを選択すればよい。

#### (実施例7)

実施例7について、第21図を参照して説明する。第21図は、本実施例による別の接合型IGBTモジュール内のIGBTユニットの一部を斜めから眺めたところである。モジュールの全体構造は実施例2と同じである。図では、実施例2と同じIGBTチップ2101より上の部

分及び内部アノード電極2103より下の部分を省略している。本実施例の特徴は、アノード端子アーム2106の先端部分2107である。この部分で、アノード端子アーム2106はアノード集合板A（図示せず）とはんだで接着される。実施例2でも述べたように、本発明によるモジュール型半導体装置では、はんだ付け個所が多い。そのすべてを良好にはんだ付けするためには、様々な生産技術上の工夫が必要である。本実施例は、その一つである。

アノード端子アーム先端2107には、凹みが作ってある。この部分にアノード集合板A（図示せず）の先端が嵌まり込むように加工しておく。アノード端子アーム先端2107のはんだ付け時には、多くの部材を同時にはんだ付けするので、まず、アノード端子アーム先端2107とアノード集合板Aとを嵌め合わせ、つぎに、他の部材を位置合わせする手順を取る。嵌め込まれているので、他の部材を合わせる際に少々左右前後に力がかかってもアノード端子アーム先端2107とアノード集合板Aとが離れることはない。

また、アノード端子アーム先端2107に形成された凹みには予めはんだを入れておく。図から分かるように、アノード端子アーム先端2107が一種の容器を形成しているので、はんだ付け前にはんだが零れたり、はんだ付け時に流れ出すという問題がない。

本実施例で述べた先端加工は、その他の接着部でも採用することにより、より確実なはんだ付けを実現することができる。

#### （実施例8）

実施例8について、第22図を参照して説明する。第22図は、本発明によるモーター駆動用のインバータ装置である。図に示す接合型半導体モジュール2201は、実施例2によるモジュールである。接合型半

導体モジュール 2201 は、図の奥側に外部アノード電極（上側アノードブスバー 2216～2218、及び出力用ブスバー 2213～2215の下に隠れている）、手前側に外部ゲート電極 2212 が配置される方向に、アノード側水冷ヒートシンク 2204 上に載置されている。出力電流との関係から、本実施例では、接合型半導体モジュール 2201 を 2 台並列に接続して、一つのスイッチング単位とした。また、スイッチング時の電圧の跳ね上がり等を考慮しても、接合型半導体モジュール 2201 の耐圧が、直流プラス側ブスバー 2202 と直流マイナス側ブスバー 2203 間の電圧に対して充分高いので、3 レベルではなく、2 レベルインバータとした。そのため、上側に並列の 2 台、下側に並列の 2 台の合計 4 台の接合型半導体モジュール 2201 で、1 相分を担当する形になった。インバータとしては、合計 12 台の接合型半導体モジュール 2201 で直流から三相交流を発生している。

電気的な構成について述べる。各相を代表して、左端の U 相について説明する。上側の接合型半導体モジュール 2201 の外部アノード電極（U 相上側アノードブスバー 2216 の下）上に、U 相上側アノードブスバー 2216 が、ボルト（図示せず）で固定される。U 相上側アノードブスバー 2216 は、2 つのモジュールの外部アノード電極に接続するため、手前側が二股に分かれている。奥側は、直流プラス側ブスバー 2202 に接続するために、1 つに合流している。図では、直流プラス側ブスバー 2202 の直下にあるため、合流部分は見えない。上側の接合型半導体モジュール 2201 の外部カソード電極 2227 上には、U 相出力用ブスバー 2213 の奥側がボルト（図示せず）で止められている。両モジュールの外部カソード電極 2227 を並列に接続するため、一枚の板に 2 つのモジュールの外部カソード電極 2227 が取り付けら

れる形になっている。外部カソード電極 2 2 2 7 の手前の U 相出力用ブスバー 2 2 1 3 の部分は、下にある外部ゲート電極 2 2 1 2 及びそこから出ている外部ゲート配線 2 2 2 5 に接触しないように、外部ゲート電極 2 2 1 2 上を避けて幅が小さくなっている。U 相出力用ブスバー 2 2 1 3 の手前側は、二股に分かれて、下側の接合型半導体モジュール 2 2 0 1 の外部アノード電極にボルト（図示せず）で固定されている。そして、U 相出力用ブスバー 2 2 1 3 の中央部には、U 相の出力のための U 相出力端子 2 2 1 9 がある。下側の接合型半導体モジュール 2 2 0 1 の外部カソード電極 2 2 2 7 上には、U 相下側カソードブスバー 2 2 2 2 の奥側がボルト（図示せず）で固定されている。U 相下側カソードブスバー 2 2 2 2 の手前側は、U 相出力用ブスバー 2 2 1 3 と同じく、外部ゲート電極 2 2 1 2 上を避けて幅が小さくなっている。そして、その上に直流マイナス側ブスバー 2 2 0 3 がボルト（図示せず）で固定される。外部ゲート電極 2 2 1 2 には、外部ゲート配線 2 2 2 5 が、ボルト（図示せず）で接続されている。並列の 2 つの接合型半導体モジュール 2 2 0 1 に接続された外部ゲート配線 2 2 2 5 は、両モジュールの手前側の隙間を利用して、両モジュールの中央で連結され、インバータの手前側に引き出される。この部分が合流ゲート配線 2 2 2 6 である。ここには、上側の 2 つの接合型半導体モジュール 2 2 0 1 から引き出された 1 本の合流ゲート配線 2 2 2 6 と、下側の接合型半導体モジュール 2 2 0 1 から引き出された 1 本の合流ゲート配線 2 2 2 6 との 2 本が出てくる。U 相上側アノードブスバー 2 2 1 6、V 相上側アノードブスバー 2 2 1 7、及び W 相上側アノードブスバー 2 2 1 8 上に直流プラス側ブスバー 2 2 0 2 をボルト（図示せず）で取り付け、電源のプラス側に接続する。また、U 相下側カソードブスバー 2 2 2 2、V 相下側カソードブスバー 2 2 2 3、

及びW相下側カソードブスバー2224の上に直流マイナス側ブスバー2203をボルト（図示せず）で取り付け、電源のマイナス側に接続する。

熱的な構成について述べる。アノード側から出た熱は、アノード側水冷ヒートシンク2204に流れ、インバータ装置外へ放熱される。各接合型半導体モジュール2201の底面とアノード側水冷ヒートシンク2204との熱的な接触を良くするために、熱伝導グリースを両者の間に挟む。カソードから出た熱について、述べる。上側の接合型半導体モジュール2201では、U相出力用ブスバー2213上に固定されたU相上側カソード水冷ヒートシンク2205、V相出力用ブスバー2214上に固定されたV相上側カソード水冷ヒートシンク2206、及びW相出力用ブスバー2215上に固定されたW相上側カソード水冷ヒートシンク2207から、熱をインバータ装置外へ放熱する。各ヒートシンクには、カソード水冷ヒートシンク用水パイプ接続部2211が2箇所ずつ取り付けられており、電気絶縁性のパイプにより水が供給される。外部カソード電極2227と各出力用ブスバー2213～2215との接触部には、電流と熱を流すために、銀の微細な粒子を含有した熱伝導グリースを挟む。また、各出力用ブスバー2213～2215と各上側カソード水冷ヒートシンク2205～2207との接触部には、電流を流す必要がないので、アノード側と同じ熱伝導グリースを挟む。下側の6台の接合型半導体モジュール2201の外部カソード電極2227から出た熱は、各下側カソードブスバー2222～2224上の各下側カソード水冷ヒートシンク2208～2210に導かれ、インバータ外部に出る。ここでも、上側モジュールと同じであるので、詳細は省略する。カソード側のヒートシンクを、電極と分離して製作した。熱的には一体の

方が有利であるが、製作の容易さを優先したためである。また、同様の理由でカソード側の水冷ヒートシンクを6個とも同じ形とした。上側モジュールも下側モジュールも伝熱部（外部カソード電極2227）が同じ形状であることも、その理由の1つである。

本実施例ではアノード側もカソード側も水冷ヒートシンクで熱を取り出す構造を採用した。設置場所、モジュールからの発熱量によって、空冷、ヒートパイプ等、他の冷却手段を採用することができる。アノード側は、配線の制約がないので、直接空冷やヒートパイプによる冷却構造が容易である。

（実施例9）

実施例9について、第23図乃至第25図を参照して説明する。第23図は、本実施例によるさらに別の接合型IGBTモジュールを斜めから眺めたところである。本実施例による接合型半導体モジュールの特徴は、上下に伝熱専用の銅ベースを備え、外部電極端子を樹脂ケース側面に備えていることである。モジュールの底面は、下側銅ベース2301である。これは、実施例2と同じく、銅の厚板にNiめっきしたものである。下側銅ベース2301は、内部の回路とは電氣的に絶縁されている。モジュールの上面は、上側銅ベース2302である。これは、下側銅ベース2301と基本的に同じものであり、同じく内部の回路と電氣的に絶縁されている。下側銅ベース2301との違いは、樹脂充填穴2307が開いていることである。外部電極端子は、樹脂ケース2303の側面の上下方向のほぼ中央に、外部アノード電極2304、外部ゲート電極2306及び外部カソード電極2305の順で並んでいる。下側銅ベース2301及び上側銅ベース2302から、各端子までの沿面及び空間距離を確保するため樹脂ケース2303の高さは、約80mmである。他



の実施例では、各端子とベースとの距離を、ケースの側面の高さ全体で確保することができるが、本実施例では、上下に接地電位のベースがあるため、各端子と下側銅ベース2301、各端子と上側銅ベース2302の距離を、どちらも確保しなければならないためである。

第24図に、本実施例の外部カソード電極2305の中心を通る面で切断した断面を示す。この断面には、1個のIGBTチップ2401を搭載したユニットが2つ並んでいる。上記した他の実施例と異なり、本実施例ではモジュールの上面も内部と電氣的に絶縁されているので、ユニットの構造が他の実施例と違う。

本実施例の半導体ユニットの構造を説明する。ユニットの底面は、アルミナで構成されたアノード下セラミックス絶縁板2416である。この底面と、下側銅ベース2301とをアノード下セラミックス絶縁板下はんだ2417で接着してある。アノード下セラミックス絶縁板2416の上には内部アノード電極2413がある。アノード下セラミックス絶縁板2416と内部アノード電極2413とは、アノード電極下はんだ2415で接着されている。内部アノード電極2413からアノード端子アーム2414が張り出している。ユニットのアノード側電気接続点である。内部アノード電極2413の上にはMoで構成されたチップ下緩衝板2411があり、チップ下緩衝板用はんだ2412で接着されている。シリコンに比べて銅の熱膨張係数が大きいので、両者の中間の熱膨張係数を有するMoを挟むことでシリコンとの緩衝の役割をしている。チップ下緩衝板2411の上にはIGBTチップ2401がある。この両者の間は、チップ下はんだ2410があり、接着の役割を担っている。IGBTチップ2401の上面の周辺には、耐圧を持たせるためのFLRが施されているため、この部分を避けてユニットの上半分の部材が搭載

されている。I G B Tチップ2401の上には熱膨張係数差の緩衝用のチップ上緩衝板2403があり、チップ上はんだ2402で接着されている。チップ上緩衝板2403の上には内部カソード電極2405があり、チップ上緩衝板用はんだ2404で接着されている。また、内部カソード電極2405からはカソード端子アーム2406が張り出しており、ユニットのカソード側電気接続点を構成している。チップ上緩衝板2403及び内部カソード電極2405の中央部には、穴が開き、その中央をゲート配線2418が通っている。内部カソード電極2405の上にはカソード上セラミックス絶縁板2408がカソード電極上はんだ2407で接着されている。カソード上セラミックス絶縁板2408が、本実施例のユニットの最も上の構成部材である。カソード上セラミックス絶縁板2408は、カソード上セラミックス絶縁板上はんだ2409で上側銅ベース2302と接着している。

つぎに、外周り及び電流経路を説明する。下側銅ベース2301の上には樹脂ケース2303が接着剤（図示せず）で接着されている。外部カソード電極2305は、そのほぼ中央に配置されている。外部ゲート電極2306及び外部アノード電極2304は、図の紙面に垂直に下（奥）にあり、何れも外部カソード電極2305と同じく下側銅ベース2301と上側銅ベース2302からほぼ等距離に配置されているため、外部カソード電極2305で隠されて本断面図では見えない。外部カソード電極2305には、各ユニットのカソード端子アーム2406からカソード電極連絡配線2419を経由して外部カソード電極取り付け部2422に集められたカソード電流が流れ込む。同様に、外部アノード電極2304（図示せず）からは、外部アノード電極取り付け部（図示せず）にアノード電流が流れ出し、アノード電極連絡配線2420を経

由して各ユニットのアノード端子アーム2414に至る。また、ゲート信号は、外部ゲート電極2306から外部ゲート電極取り付け部（見えない）を通り、ゲート集合配線2421を経由して、各ユニットのゲート配線2418に至る。

熱はIGBTチップ2401の両面から上下に流れ出し、各ユニットのカソード上セラミックス絶縁板2408及びアノード下セラミックス絶縁板2416を経由して上側銅ベース2302及び下側銅ベース2301に至る。

本実施例の構造上の特徴を説明する。本実施例は、下側銅ベース2301の上にユニットが載り、その上に上側銅ベース2302が載る。熱抵抗を下げるために、下側銅ベース2301から上側銅ベース2302に至る部材が確実に接着されていなければならない。そのため、上側銅ベース2302は、各ユニットの上に載る形態になっている。このことを確実にするため、上側銅ベース2302と樹脂ケース2303との間に隙間があるのである。この隙間には、内部の充填樹脂2423の充填時に空気を抜く働きもある。つぎに、樹脂充填穴2307について説明する。すべての部材が組み立てられた状態で樹脂が充填されるのであるが、その際、この穴から樹脂を入れるのである。プロセスについて第25図を使用して説明する際に、この穴の働きについて触れる。

本実施例の製造方法を第25図を使用して説明する。図は、左半分が製造工程、右半分が各工程終了後（次の工程開始前）の状態を断面で示す。

#### （1）ユニット組立

予め静特性を調べて良品と評価されたIGBTチップ2401及びフリーホイールダイオードチップ2501をユニットに搭載する。図では、

1 G B Tチップ 2 4 0 1 を搭載したユニットを示す。本実施例のユニットの特徴は、カソード端子アーム 2 4 0 6 及びカソード上セラミックス絶縁板 2 4 0 8 を備えることである。この図では、はんだ層を省略したが、本ユニットには、はんだ層が 6 箇所ある。これらのはんだ付けを、本実施例では一括して行った。もちろん、数回に分けてはんだ付けを行っても差し支えない。

#### (2) ユニット選別

チップ単位での選別を実施例 2 と同様にして行う。併せて、スイッチング特性及び安全動作領域の測定をユニットで行う。第 2 4 図で示した断面では、2 つのユニットの何れもが 1 G B Tチップ 2 4 0 1 を搭載したものであった。今まで述べてきた他の実施例と同じく、本実施例でも同一のモジュール内に 1 G B Tチップ 2 4 0 1 とフリーホイールダイオードチップ 2 5 0 1 を搭載し、両者を逆並列に接続する。第 2 5 図では、選別された良品の 1 G B Tチップ 2 4 0 1 及びフリーホイールダイオードチップ 2 5 0 1 をそれぞれ 1 つずつ表示した。

#### (3) ユニット配置

選別されたユニットを下側銅ベース 2 3 0 1 上に並べる。アノード下セラミックス絶縁板下はんだ 2 4 1 7 によるはんだ付けは、この工程で実施してもよいし、次の工程或いはその次の工程とまとめて行ってもよい。本実施例では、実施例 2 と異なり、工数は増すが確実な方法として、アノード下セラミックス絶縁板下はんだ 2 4 1 7 のはんだ付けをこの工程で実施している。

#### (4) 外部電極端子接続

まず、樹脂ケース 2 3 0 3 を下側銅ベース 2 3 0 1 上に、樹脂ケース接着部 2 5 0 5 を介して載置する。つぎに、アノード電極連絡配線 2420

を用いてアノード端子アーム 2 4 1 4 と外部アノード電極 2 3 0 4 (図示せず) を連結する。つぎに、カソード電極連絡配線 2 4 1 9 を用いてカソード端子アーム 2 4 0 6 と外部カソード電極 2 3 0 5 を連結する。最後に、ゲート集合配線 2 4 2 1 を用いてゲート配線 2 4 1 8 と外部ゲート電極 2 3 0 6 (図示せず) を連結する。その後、アノード端子アーム接着部 2 5 0 3, カソード端子アーム接着部 2 5 0 2、及びゲート配線接着部 2 5 0 4 にはんだをポッティングする。炉に入れて、各はんだ付け箇所及び接着剤による樹脂ケース接着部 2 5 0 5 を同時に接着する。

#### (5) 上側銅ベース接着

上側銅ベース 2 3 0 2 を接着する。この工程の後では、上側銅ベース 2 3 0 2 により、モジュール内部がほとんど見えなくなるので、この工程の前に内部の検査を完了しておく必要がある。他の工程でも同様であるが、本実施例のようにはんだ付け箇所が多いと、作業中に前に接着した箇所のはんだが再熔融することがあるので、はんだが熔融時にモジュールに振動を与えない注意が必要である。

#### (6) 樹脂充填

最後に、充填樹脂 2 4 2 3 を流し込んで、モジュールを完成させる。上側銅ベース 2 3 0 2 に開けられた樹脂充填穴 2 3 0 7 を通して樹脂を流し込む。この工程では、樹脂がどの程度モジュール内に充填されているのかを観察することが困難である。従って、予め必要な樹脂の体積を求めておき、所定の体積の樹脂を流し込む方法を採用する。充填樹脂 2 4 2 3 の充填中は、樹脂ケース 2 3 0 3 と上側銅ベース 2 3 0 2 の間にできたわずかな隙間を利用して、モジュール内の空気が出るので、充填はスムーズに進行する。実施例 2 と同じく、熱硬化性の樹脂に酸化珪素を主成分とする、熱膨張係数調整用のフィラーを混入した樹脂を使用

した。

以上の実施例は、接合型半導体モジュールとして I G B T とダイオードの組み合わせを説明した I G B T は駆動部が M O S になっているバイポーラトランジスタであるので、主回路の動作は通常のバイポーラトランジスタと同じである。従って、以上の実施例の I G B T を電流駆動型のバイポーラトランジスタに置き換え、電流駆動型のバイポーラトランジスタとダイオードの組み合わせとしても構造、製法共に変わる点がなく、本発明をバイポーラトランジスタにも適用できる。

I G C T は、I G B T のトランジスタ部をサイリスタに置き換えた素子であり、通常のバイポーラトランジスタより I G B T に近い動作をする。従って、I G C T とダイオードを組み合わせた半導体モジュールにも、本発明を適用できる。

本発明によれば、素子数が多くなったときに有利な非圧接タイプのモジュールで、モジュールの底面のみならず上面からも熱引きをする構造を提供することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 複数の電力用半導体素子と、

該電力用半導体素子が金属を含む接合材を介して固着される複数の絶縁基板と、

前記電力用半導体素子に、金属を含む接合材を介して固着される、少なくとも1個の第1の放熱板と、

前記複数の絶縁基板に、金属を含む接合材を介して固着される、少なくとも1個の第2の放熱板と、

を有する接合型半導体モジュール。

2. 請求項1の接合型半導体モジュールにおいて、前記電力用半導体素子と前記第1の放熱板との間、または前記電力用半導体素子と前記絶縁基板との間には、少なくとも1個の金属部材が介在する。

3. 請求項2の接合型半導体モジュールにおいて、前記金属部材が前記電力用半導体素子に電氣的に接続される電極である。

4. 請求項3の接合型半導体モジュールにおいて、さらに前記金属部材と電氣的に接続される外部電極端子を備える。

5. 請求項2の接合型半導体モジュールにおいて、前記金属部材が緩衝板である。

6. 請求項5の接合型半導体モジュールにおいて、前記緩衝板がタングステン板またはモリブデン板である。

7. 請求項2の接合型半導体モジュールにおいて、前記金属部材が複数個有る。

8. 請求項6の接合型半導体モジュールにおいて、前記複数個の金属部材が、タングステン板またはモリブデン板のいずれかと、銅板またはアルミニウムのいずれかを含む。

9. 請求項1の接合型半導体モジュールにおいて、前記第1の放熱板が外部電極端子である。

10. 請求項1の接合型半導体モジュールにおいて、前記第1の放熱板の材料と前記第2の放熱板の材料とが、実質的に同じ材料である。

11. 請求項10の接合型半導体モジュールにおいて、前記材料が、銅、銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金からなる群から選択される。

12. 請求項1の接合型半導体モジュールが、さらに樹脂ケースを有し、該樹脂ケースは前記電力用半導体素子を収納し、前記第1の放熱板は前記樹脂ケースの上面に位置し、前記第2の放熱板は前記樹脂ケースの底面に位置する。

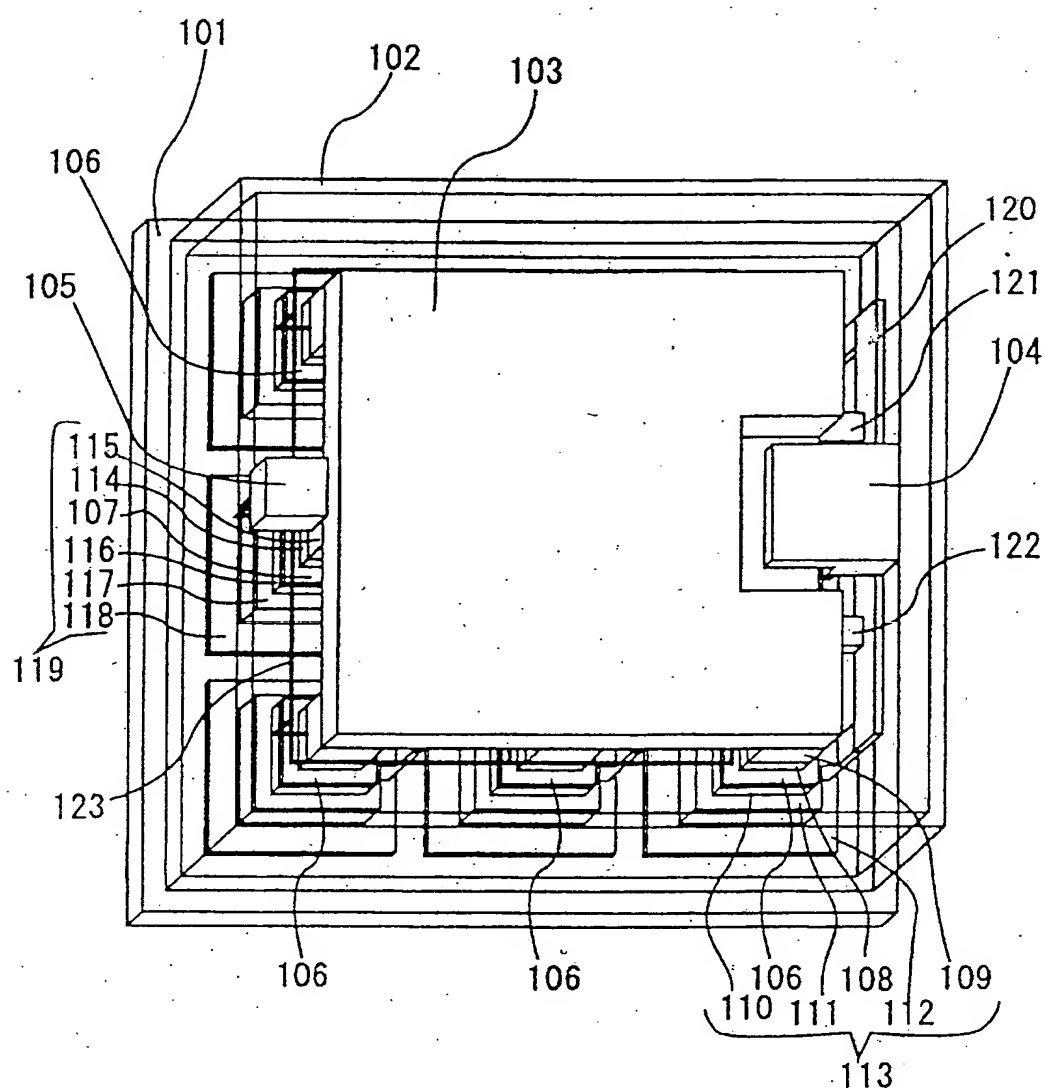
13. 請求項12の接合型半導体モジュールが、さらに外部電極端子を備え、該外部電極端子が前記樹脂ケースの側面に位置する。

14. 請求項1の接合型半導体モジュールにおいて、前記絶縁基板がセラミックス基板である。

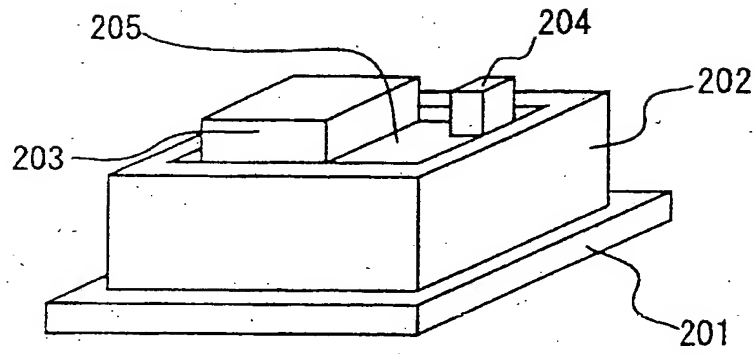
15. 請求項1の接合型半導体モジュールにおいて、前記接合材が半田である。



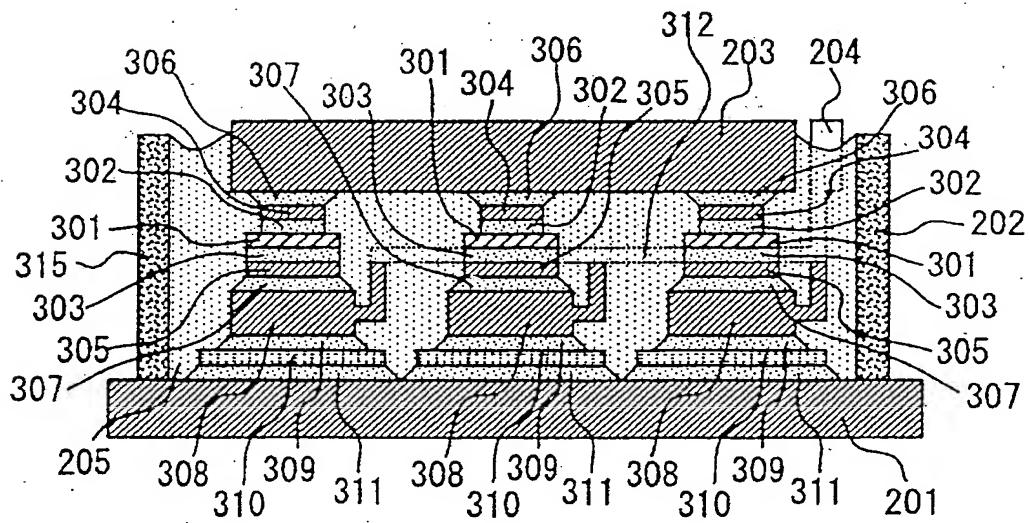
第1図



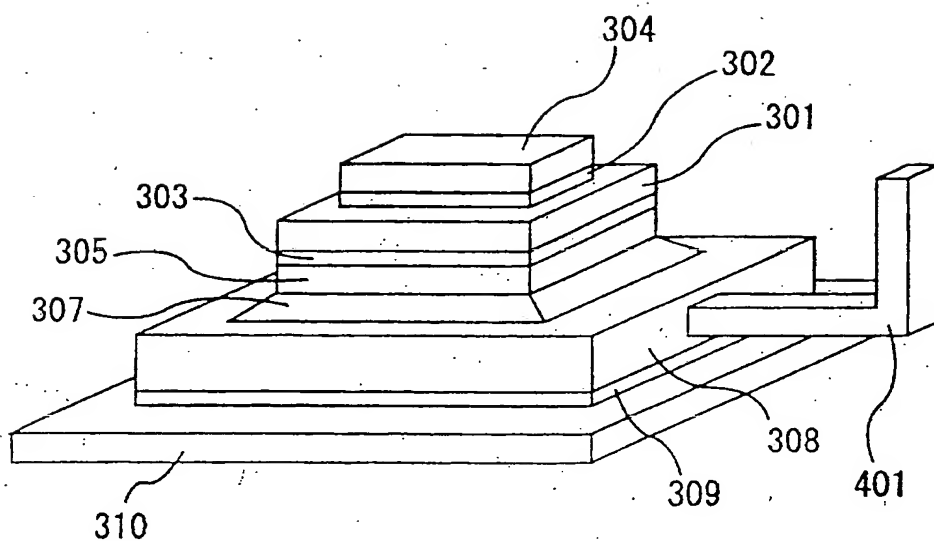
第 2 図



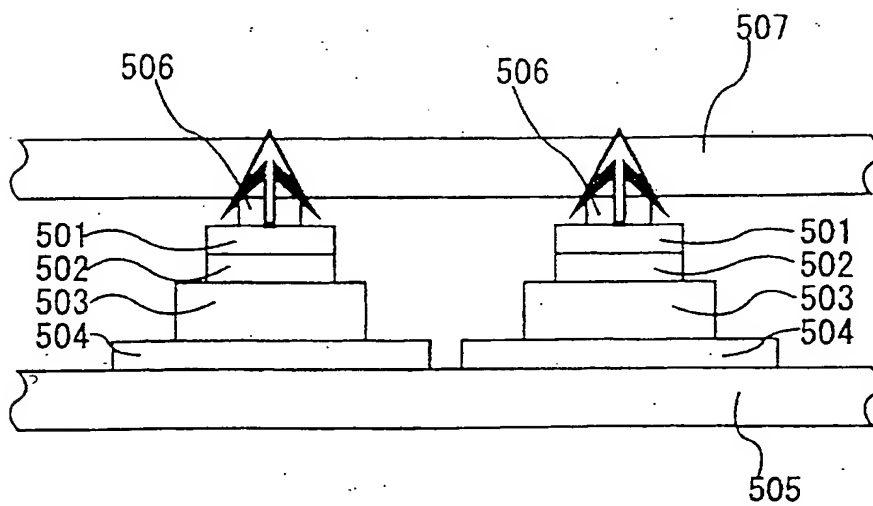
第 3 図



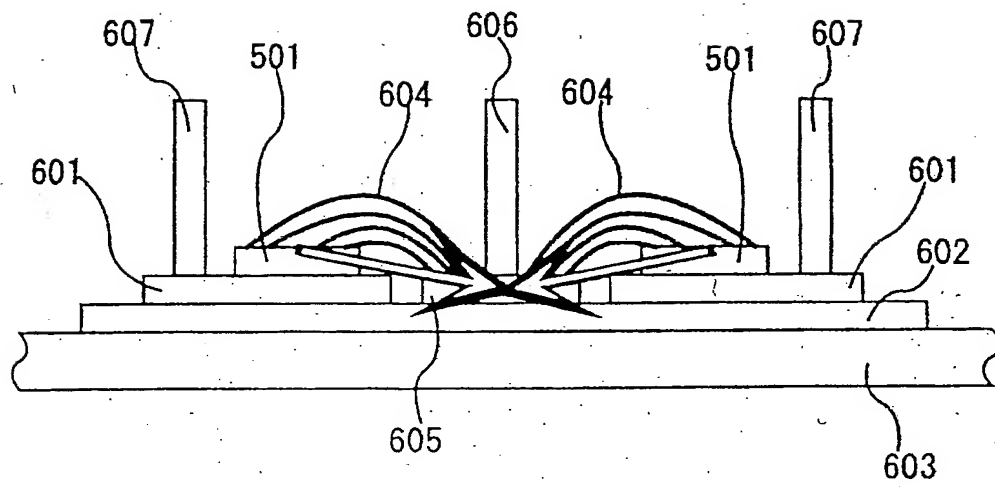
第4図



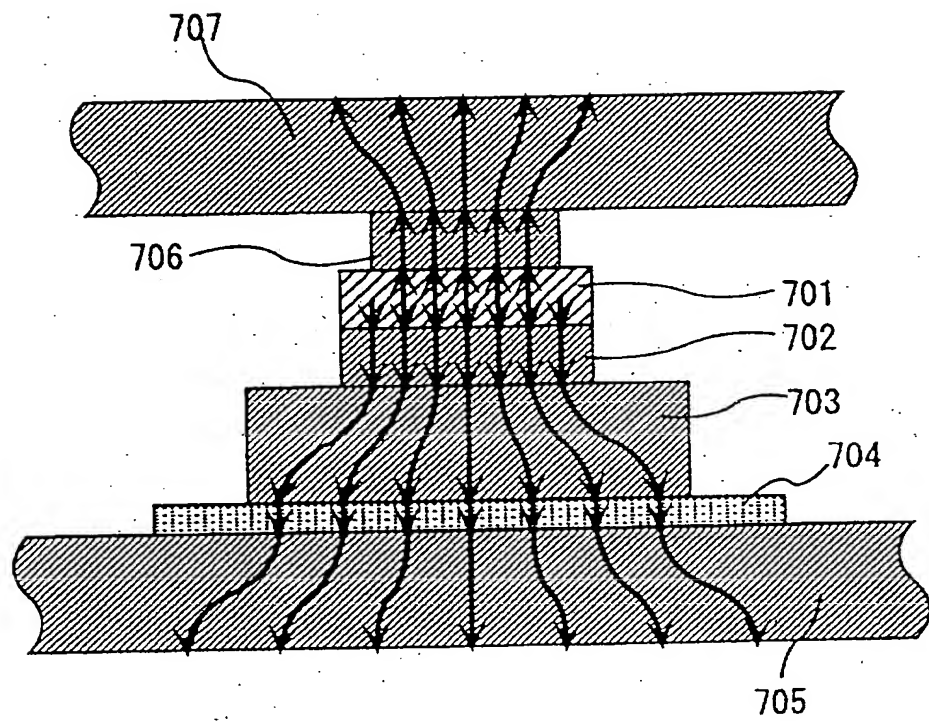
第5図



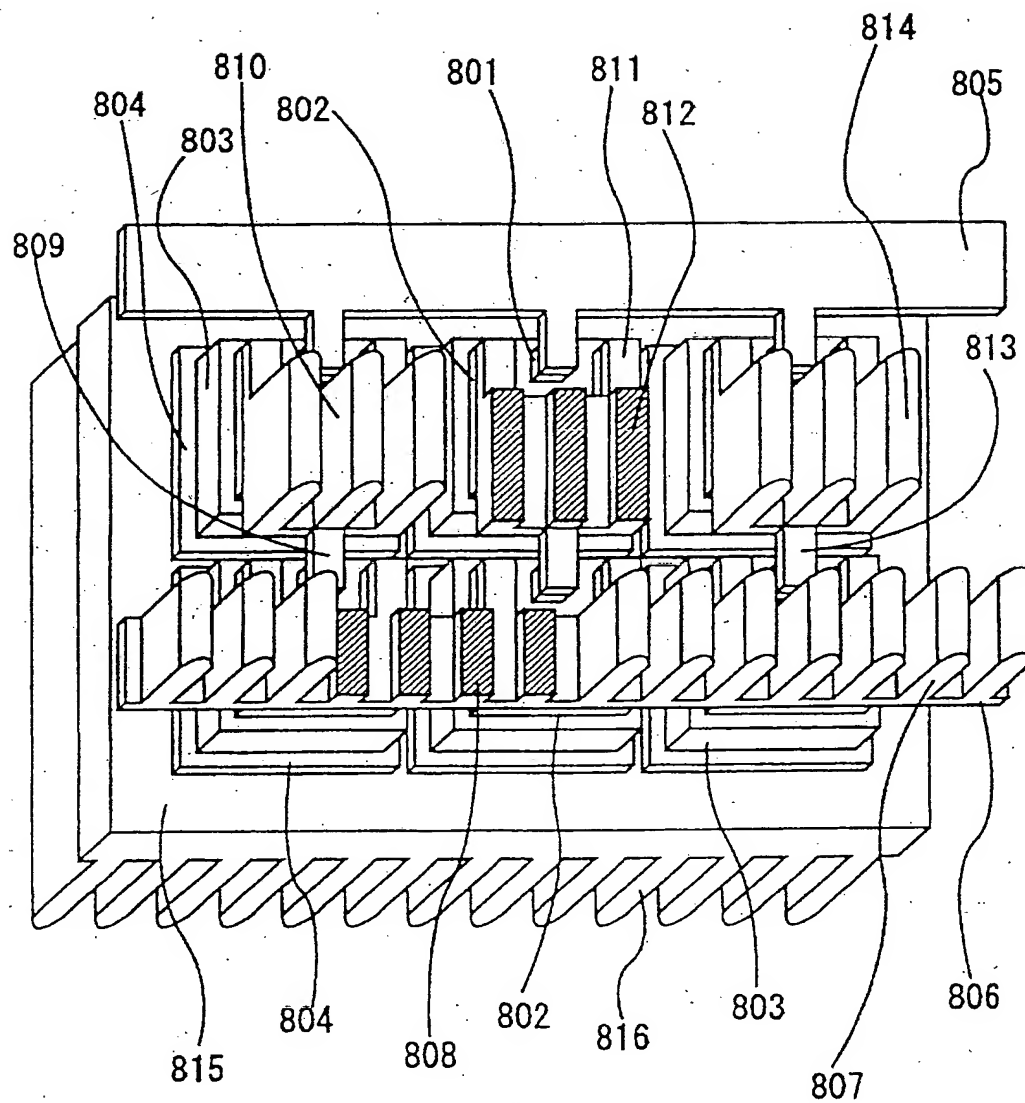
第 6 図



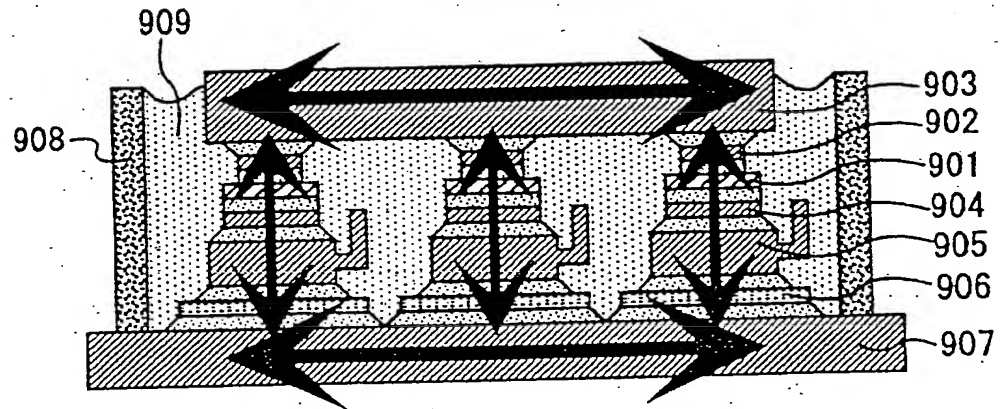
第7図



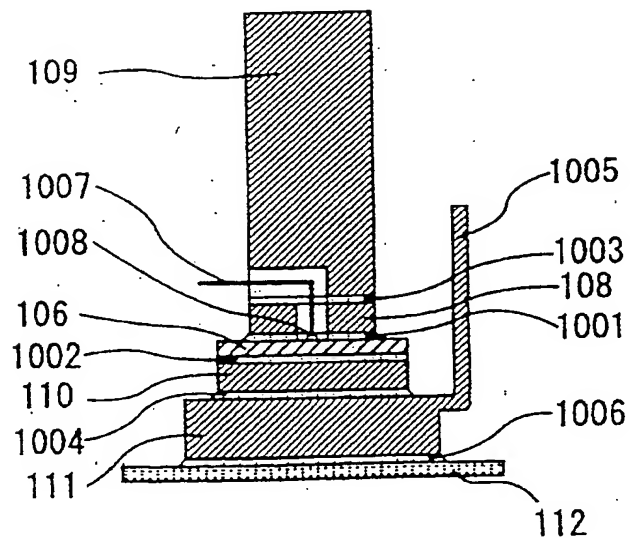
第8図



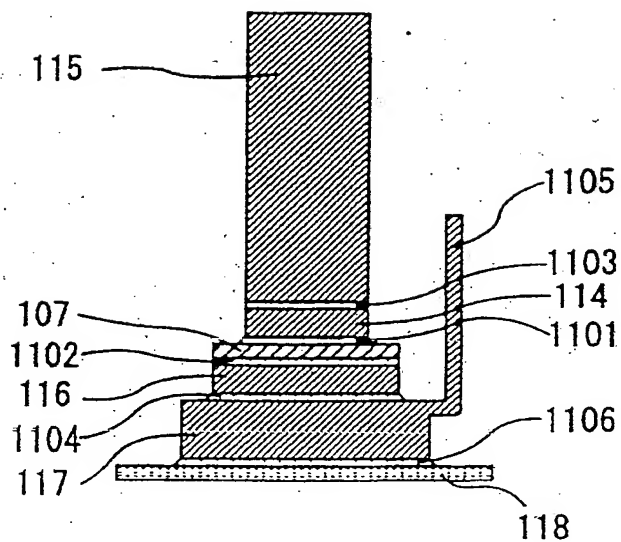
第9図



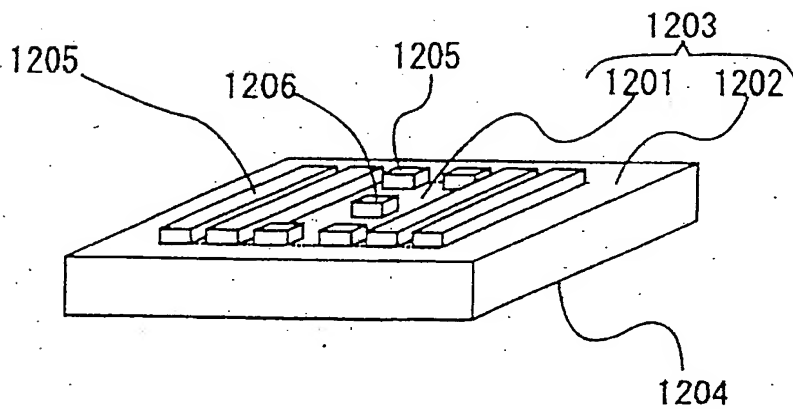
第10図



第11図

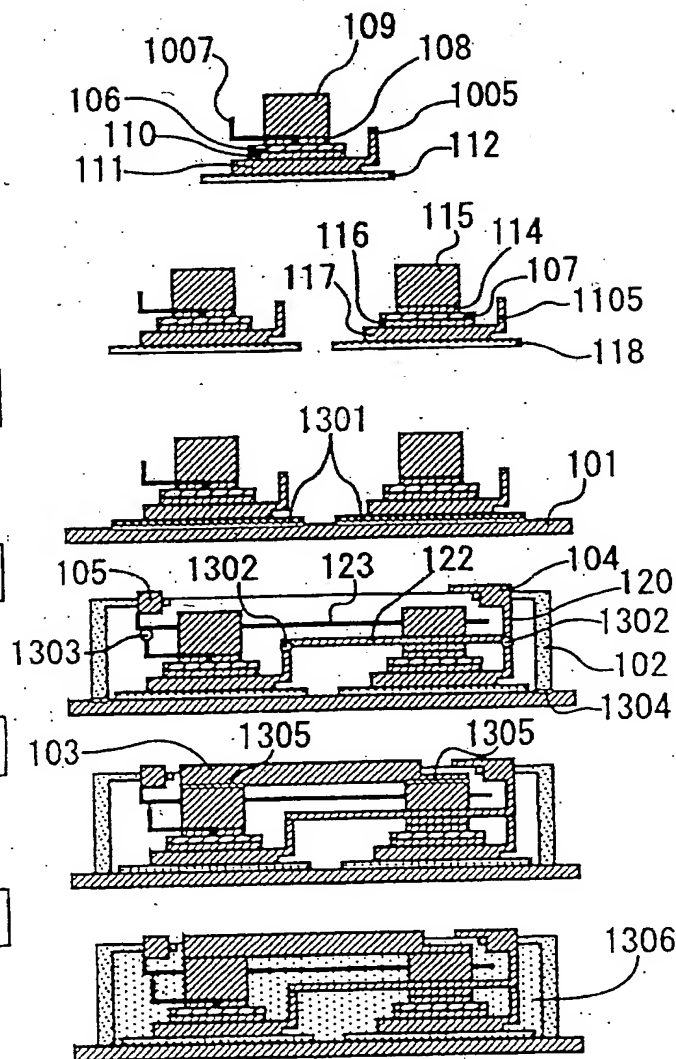
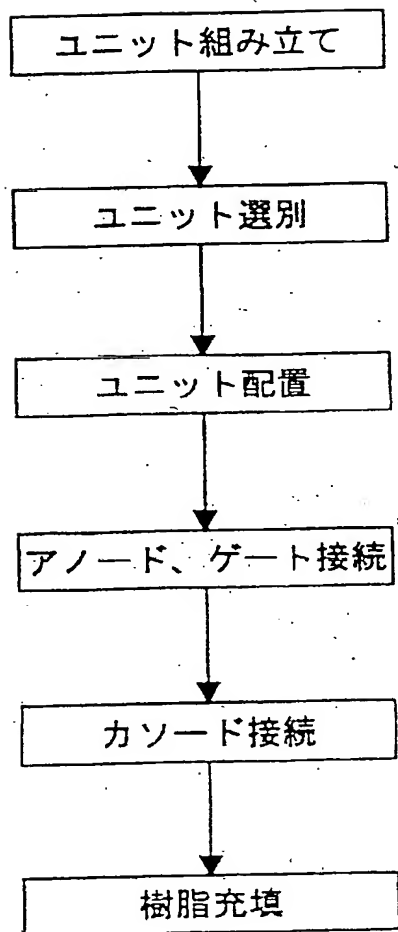


第12図

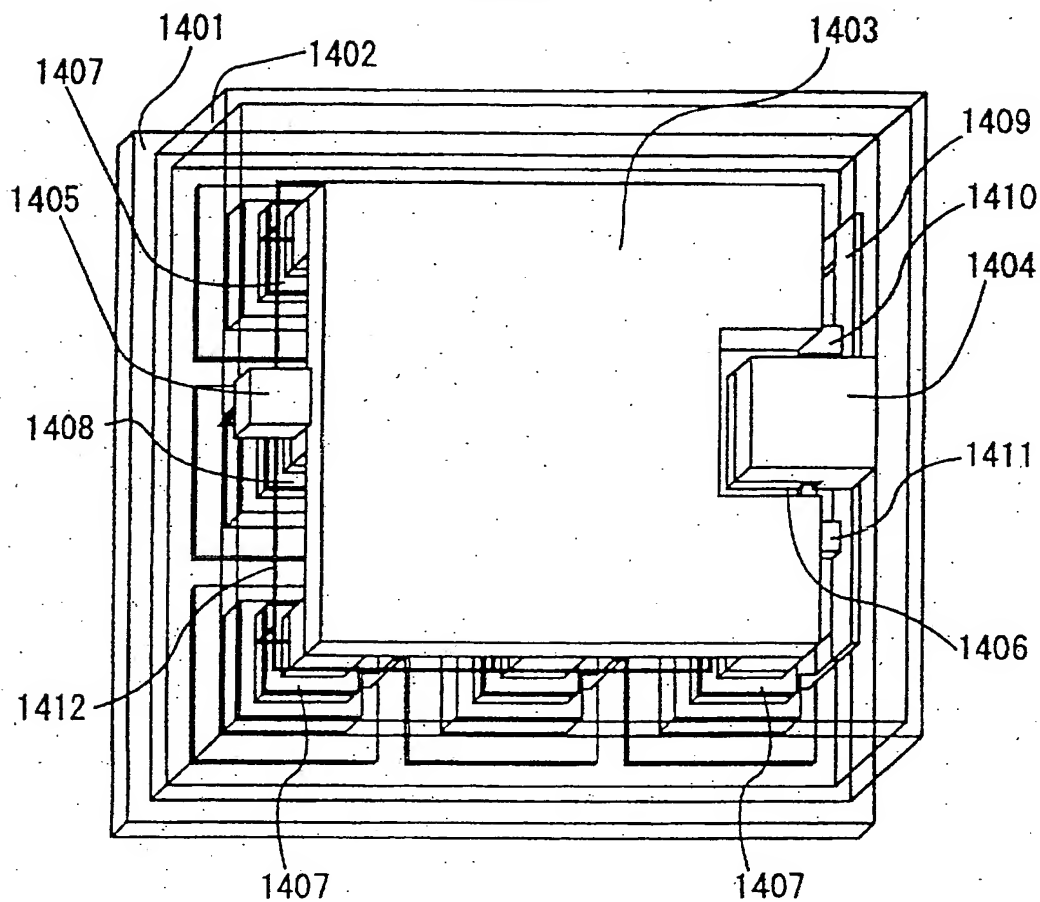




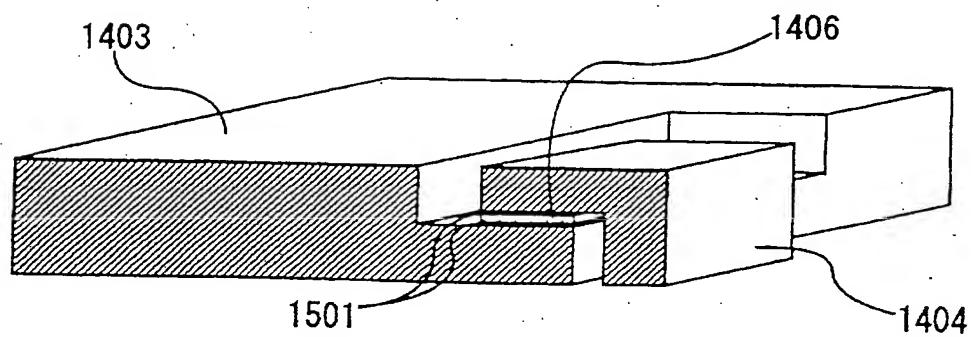
第13図



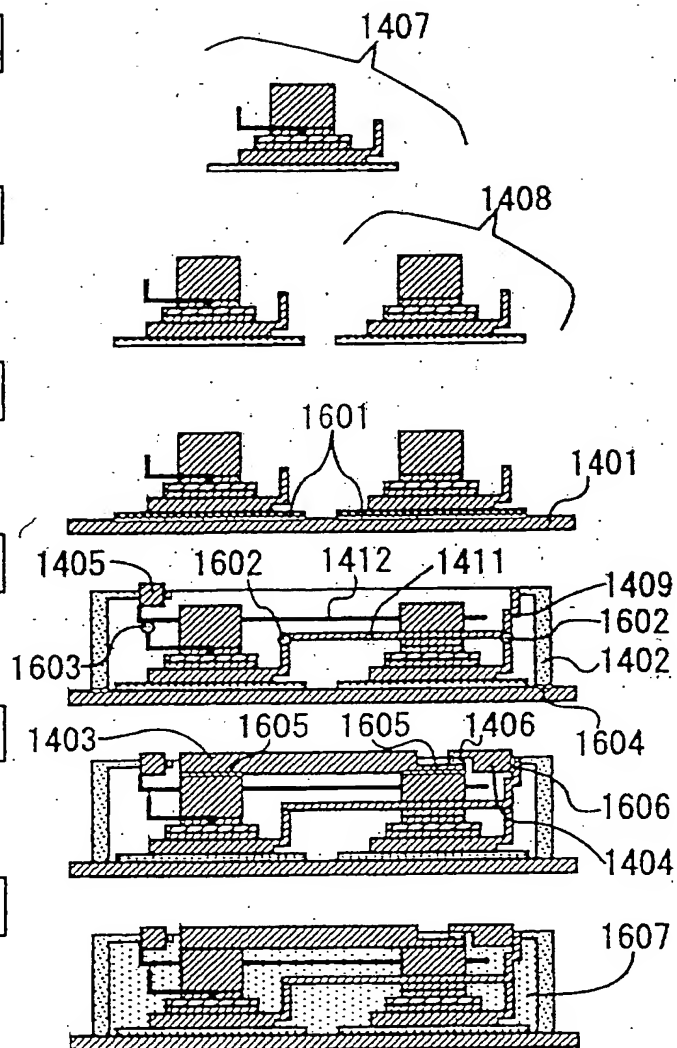
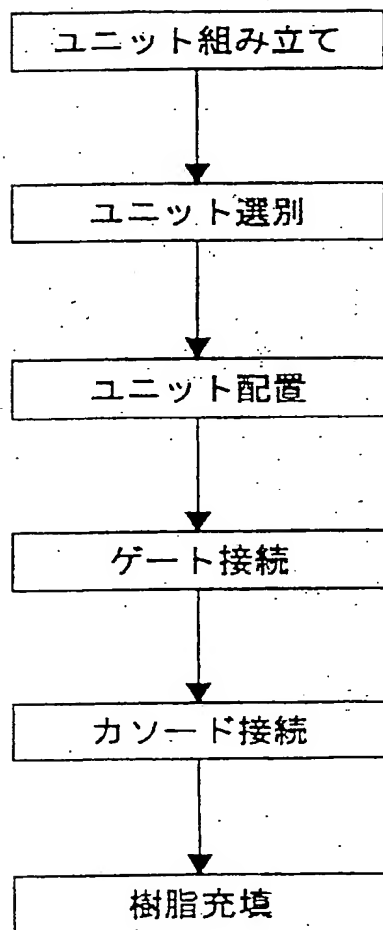
第14図



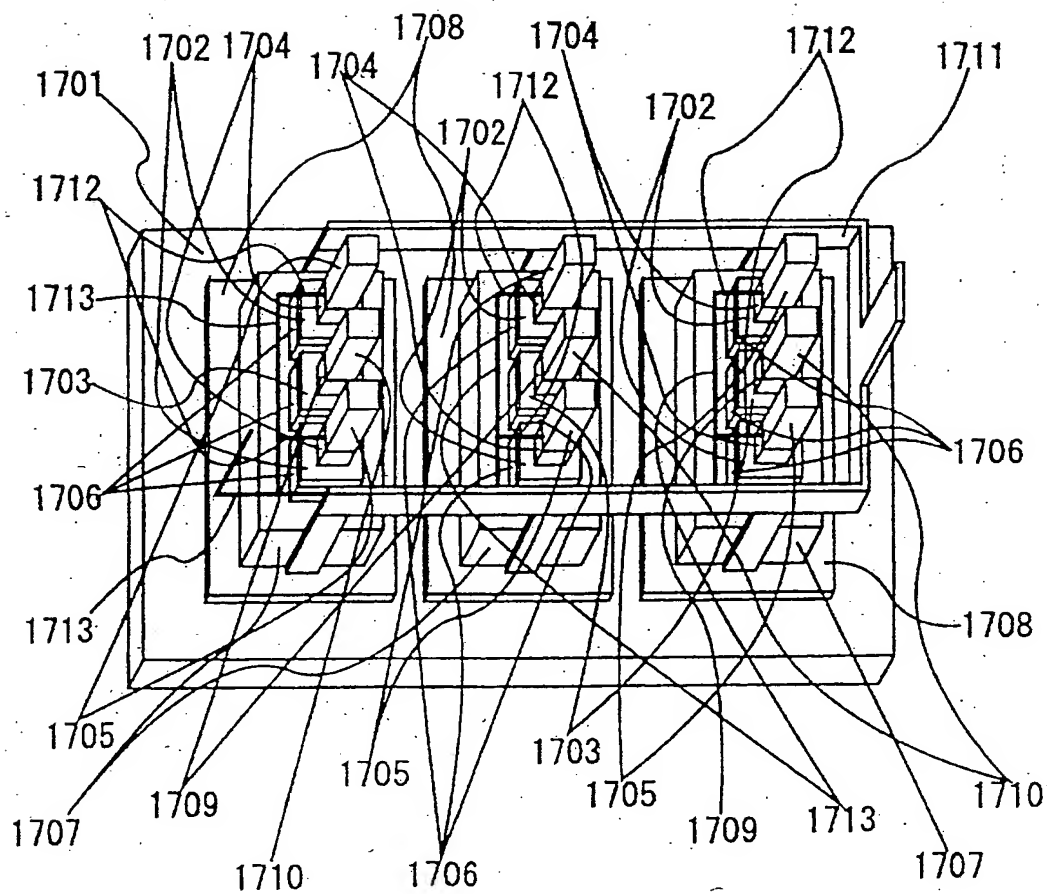
第15図



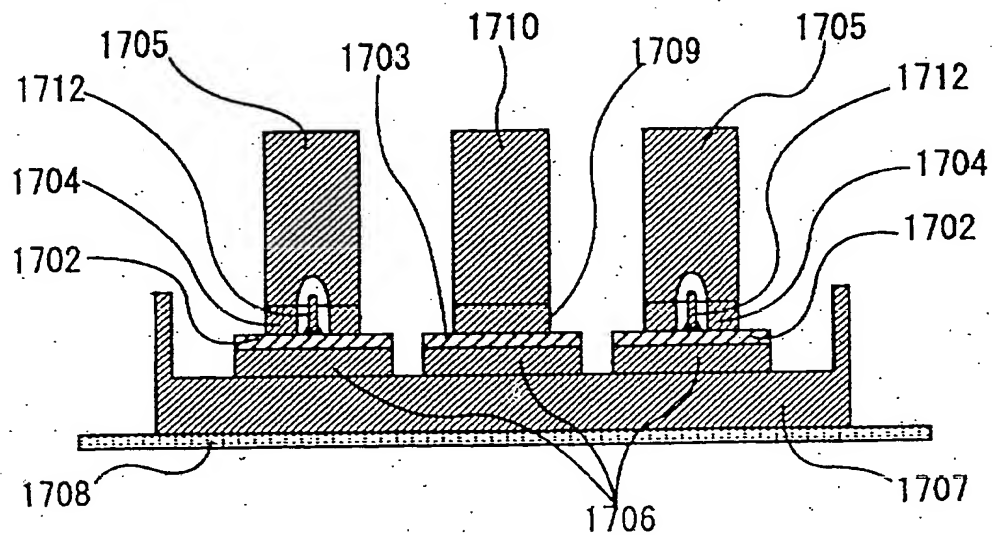
第16図



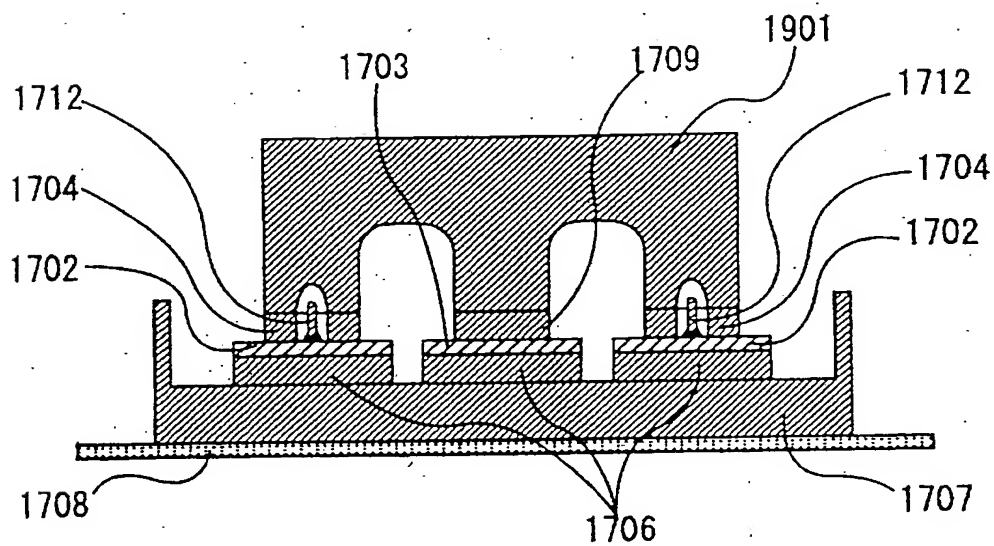
第17図



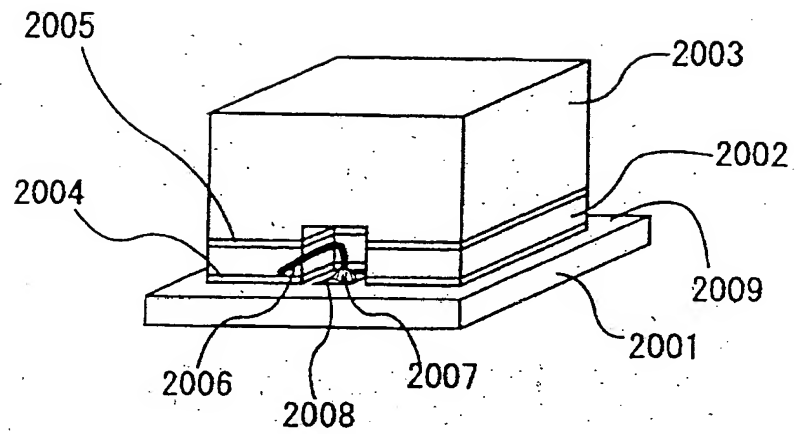
第18図



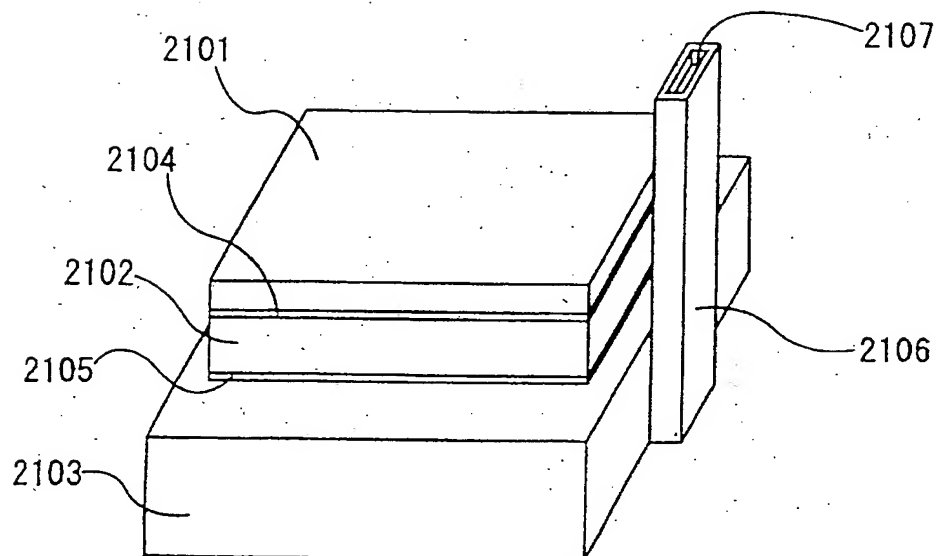
第19図



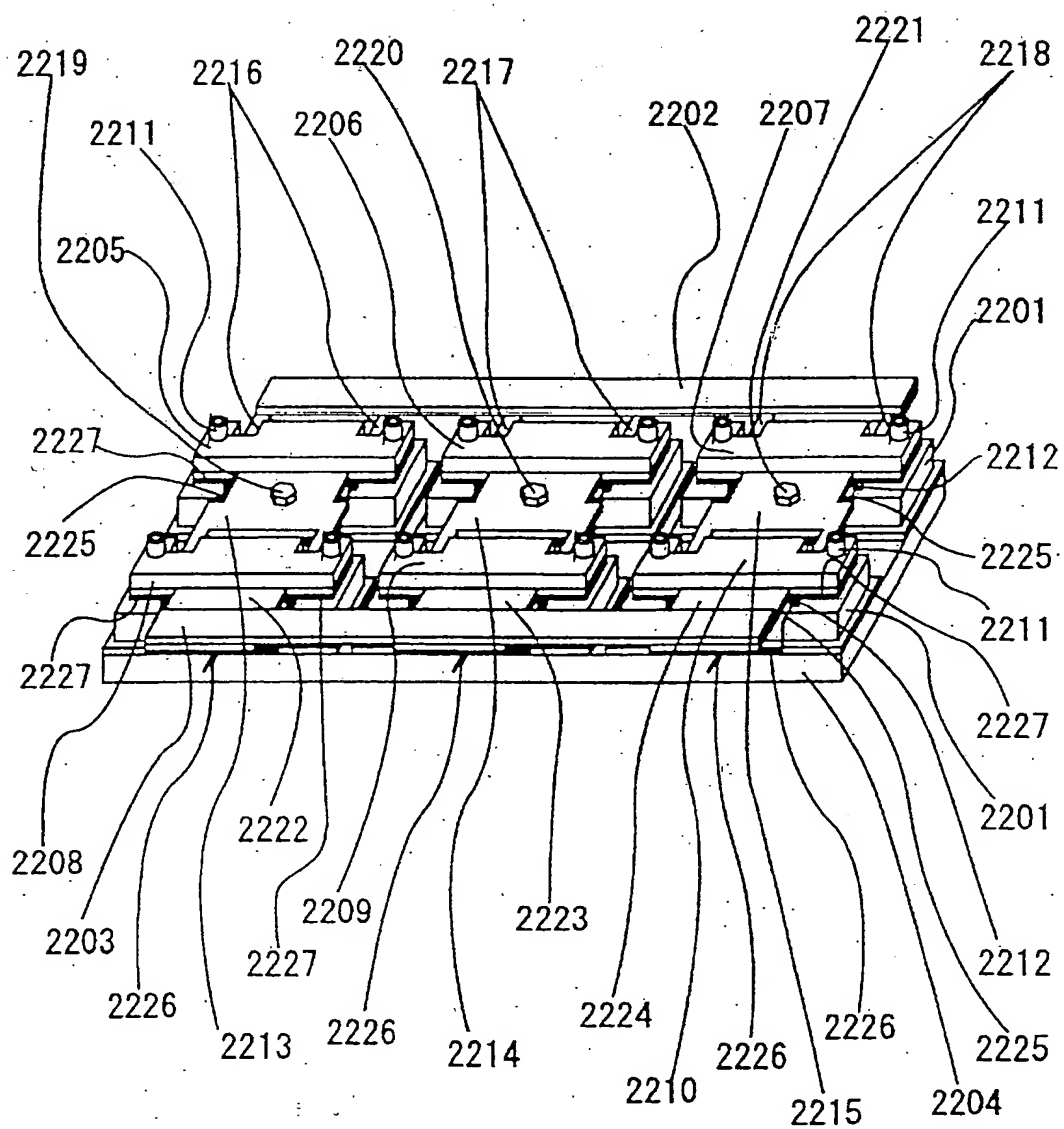
第20図



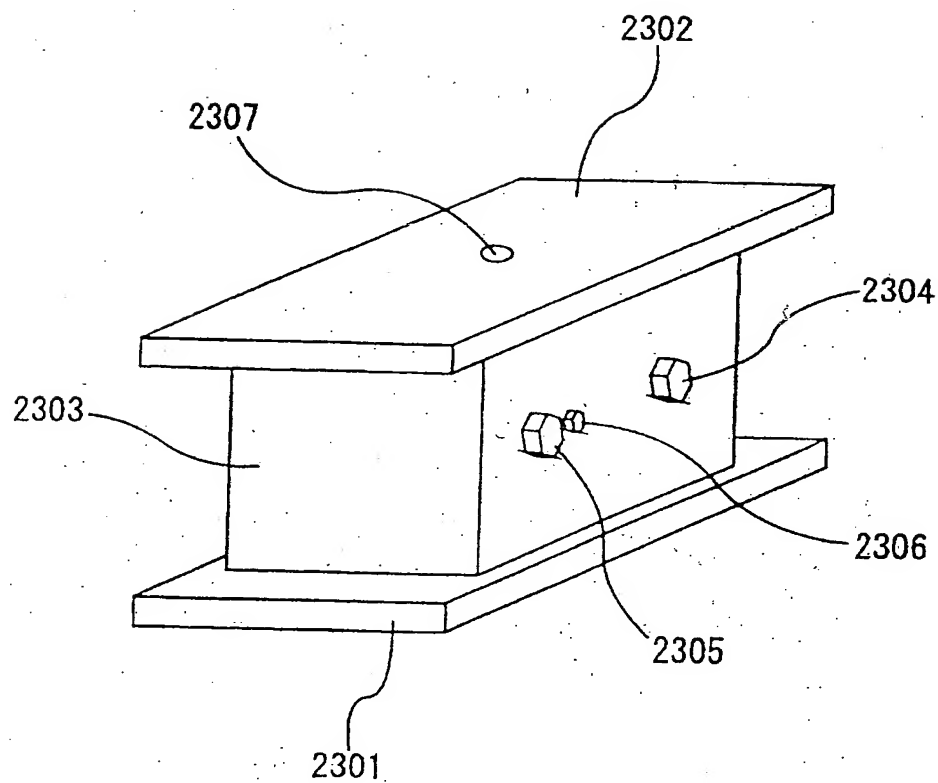
第21図



第22図

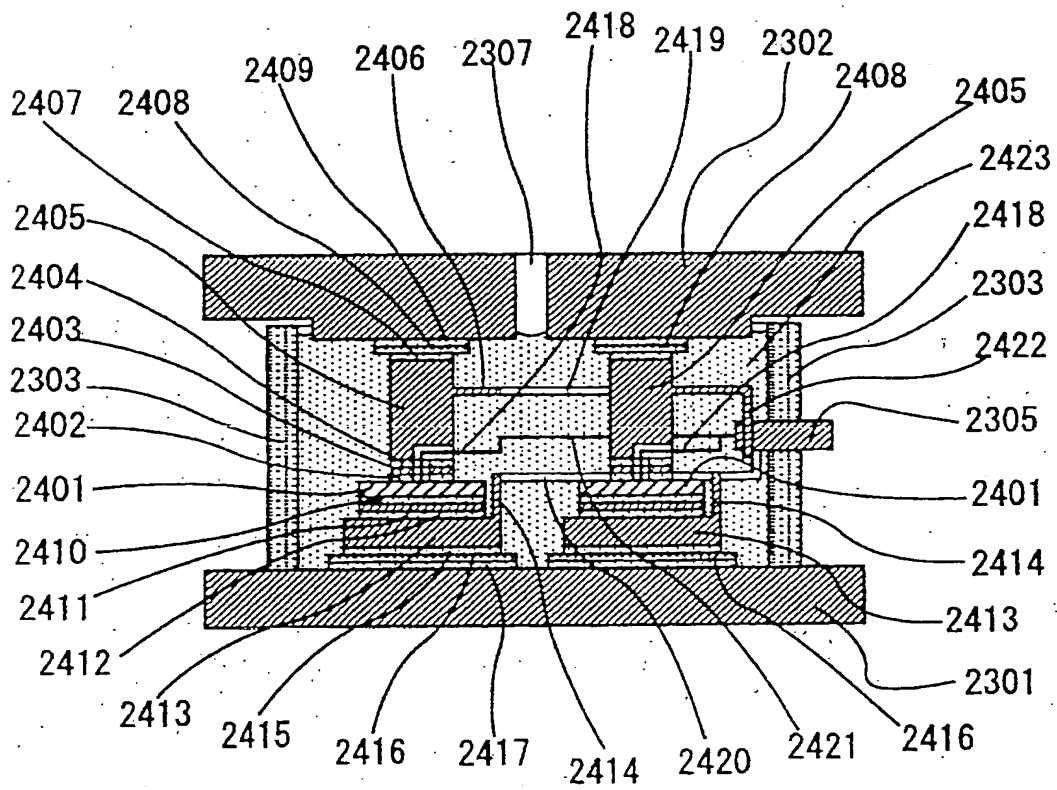


第23図

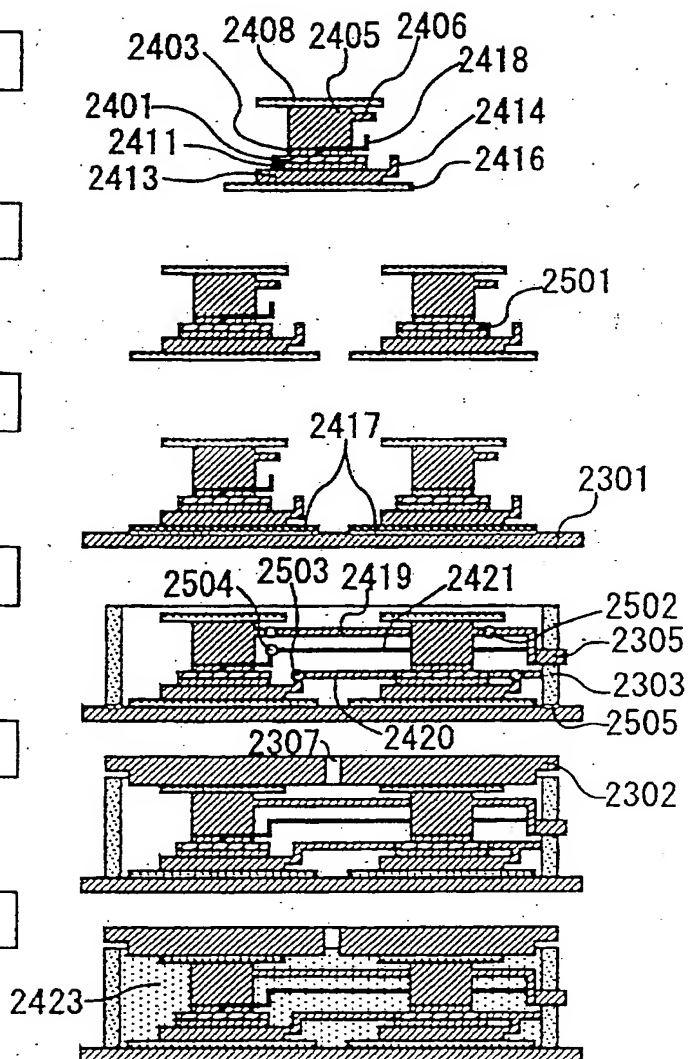
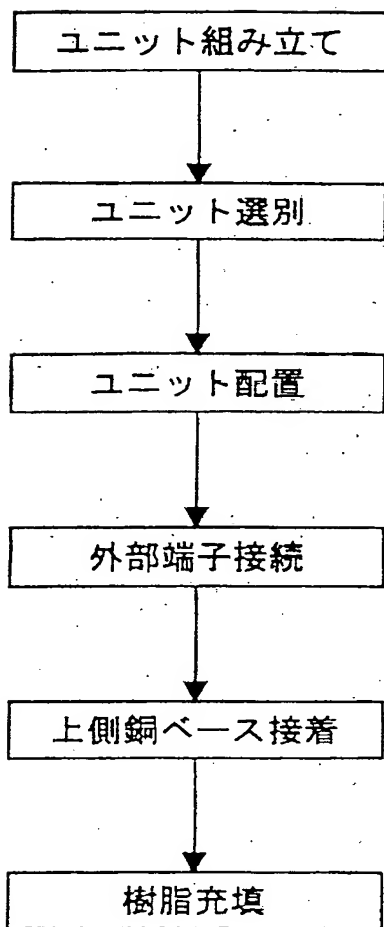




第24図



第25図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/02678

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>6</sup> H01L25/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl<sup>6</sup> H01L25/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1996
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1996

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 58-188150, A (Hitachi, Ltd.), November 2, 1983 (02. 11. 83), Page 2, upper part; Fig. 1 (Family: none)	1 - 15
Y	JP, 8-111503, A (Hitachi, Ltd.), April 30, 1996 (30. 04. 96), Paragraphs (0038), (0048), (0055); Figs. 3, 7, 8 (Family: none)	1 - 15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

November 22, 1996 (22. 11. 96)

Date of mailing of the international search report

December 3, 1996 (03. 12. 96)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> H01L 25/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> H01L 25/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国公開実用新案公報 1971-1996年

日本国登録実用新案公報 1994-1996年

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 5.8-188150, A (株式会社日立製作所) 2. 11月. 1983 (02. 11. 83), 公報第2頁上段, 第1図 (ファミリーなし)	1-15
Y	J P, 8-111503, A (株式会社日立製作所) 30. 4月. 1996 (30. 04. 96), 公報段落 [0038], [0048], [0055], 図3, 図7, 図8 (ファミリーなし)	1-15

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22. 11. 96

国際調査報告の発送日

03.12.96

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

川真田 秀男

印

4 E

7220

電話番号 03-3581-1101 内線 3426